This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

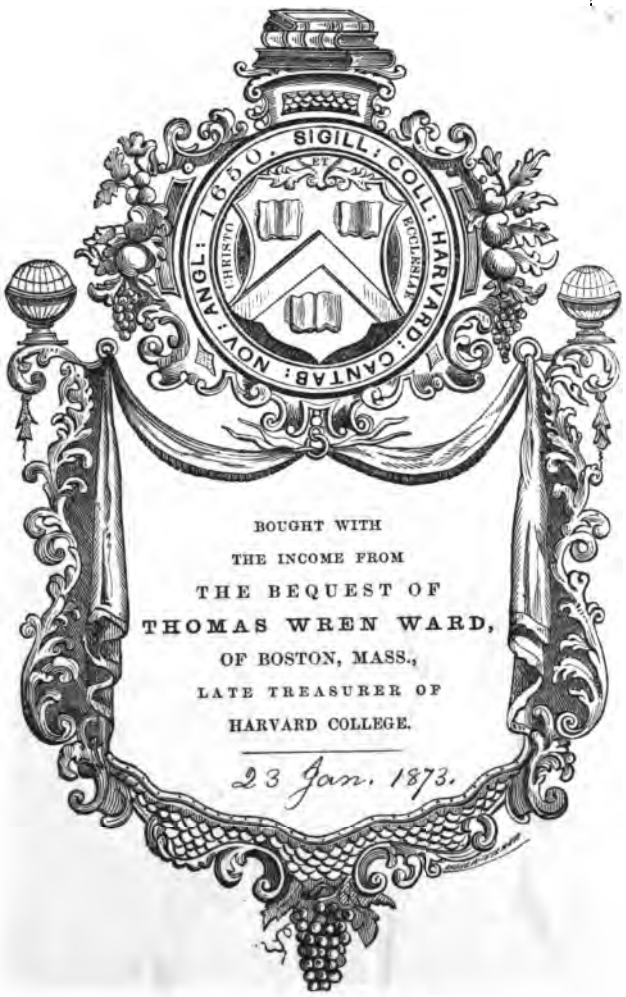
Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

Harvard College.
1863.

Phil
5643
4

23½.11

Phil 5643.4



BOUGHT WITH
THE INCOME FROM
THE BEQUEST OF
THOMAS WREN WARD,
OF BOSTON, MASS.,
LATE TREASURER OF
HARVARD COLLEGE.

23 Jan. 1873.

Ueber

das Schlussverfahren

des Sehactes.

Von

Dr. August Classen,

prakt. Arzt und Leiter einer Augenheilanstalt in Rostock.

Rostock,

G. B. Leopold's Universitäts-Buchhandlung

(Ernst Kuhn).

1863.

Phil 5643.4

1873, Jan. 23.
Hurd Hurd.

Herrn

ALBRECHT VON GRÄFE,

seinem hochverehrten und geliebten Lehrer,

der Verfasser.

Vorrede.

Im vorigen Jahre habe ich eine kleine Arbeit in Virchow's Archiv XXV. p. 1. unter dem Titel „Beitrag zur physiologischen Optik" geliefert, welche sich damit beschäftigt, den Einfluss der Bewegungen des Auges auf unser Urtheil im Sehact zu erläutern, und namentlich glaubte ich mich mit Hülfe dieses Einflusses berechtigt, die Theorie der identischen Netzhautstellen zu verwerfen. Ich kannte damals noch nicht vollständig die „Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung" von Wundt (1862), dessen Anschauungen mit den meinigen oft zu meiner Ueberraschung übereinstimmten, ich kannte noch nicht den zweiten Theil von Ewald Hering's „Beiträgen zur Physiologie" in welchen die Identitätstheorie gegen alle Angriffe mit kritischer Schärfe vertheidigt wird. Durch eine gütige Privatmittheilung des Herrn Prof. Donders, für die ich ihm hiermit meinen herzlichsten Dank sage, ward ich auf die Existenz eines Ortssinnes der retina verwiesen, welcher doch von allen Muskelactionen unabhängig sein muss, und bald führten mich pathologische Erfahrungen über Sehnerven- und Netzhautkrankheiten auf dieselben Ansichten über eine Function der Netzhaut, die wenigstens nicht direct von den Bewegungen abhängig, sondern in ihrer flächenhaften Ausbreitung und Sensibilität begründet ist. Auch fand ich sehr bald bei fortgesetzten Studien über die Lage der Doppelbilder, dass die Meinung, die ich früher ausgesprochen, die Doppelbilder erschienen von ihren Richtungslinien seitlich abgewichen, nicht stichhaltig sei, wie ich das nunmehr beweisen werde. Diesen Hauptfehler meiner Arbeit hat Hering bei Gelegenheit seiner

Kritik in Virchow's Archiv XXVI. p. 560 ff. übersehen, wahrscheinlich weil er selbst gerade über die Richtung, in welcher die einfach wie die doppelt gesehenen Dinge erscheinen, eine ganz unhaltbare Hypothese aufstellt. Im Uebrigen beschwere ich mich nicht über manche Zurechtweisung, die mir Hering gegeben, selbst wenn sie zuweilen etwas schulmeisterlich klingen sollte, denn ich gebe zu, dass meine Arbeit auf diesem Gebiet eine Anfängerarbeit war. Vor allen Dingen ist es mir aber weniger um persönliche Triumphe als um reelle Fortschritte der Wissenschaft zu thun.

Meine Eigenschaft als praktischer Arzt kann allerdings schuld daran werden, dass der vorliegenden Arbeit viele Einwürfe erwachsen. Ich bin nämlich genöthigt gewesen, mich möglichst kurz zu fassen, und mancher wird daher ein gründliches Eingehen auf ältere Arbeiten und Ansichten vermissen. Andererseits wird es vielleicht manchem willkommen sein, weniger von der mühsamen Vorarbeit, als häufig bei anderen, mitlesen zu müssen. Hochachtung vor den Verdiensten Anderer ist, wie man mir zugeben wird, mein Princip gewesen. Stolz kenne ich nur gegenüber dem Zopfgelehrtenthum und jedem privilegirten Kastengeist im Gebiet der Wissenschaft, wo immer er mir entgegentritt.

A. Classen.

Die philosophische Grundlage des Sehacts.

Der Idealismus der Kant'schen Schule, so gewaltig er die denkenden Geister zu energischer Thätigkeit gespornt hat, scheint er doch nicht direct den empirischen Wissenschaften förderlich gewesen zu sein. Die bedeutendsten Physiologen unserer und der nächst vergangenen Zeit mögen der idealistischen Philosophie die erhabensten Anregungen zur Forschung verdanken, aber ich möchte behaupten, dass es sich durchweg nachweisen lässt, dass alle wahren Fortschritte ohne Rücksicht auf den idealistischen Ausgangspunkt gemacht sind, und mehr oder weniger alle hervorragenden Irrthümer einem verkehrten Einflusse der idealistischen Philosophie zur Last fallen. Die Philosophie, welche allein die Existenz des „Ich" als einzige feste Grundlage voraussetzt, und auf die Aussenwelt erst durch die Veränderungen, welche durch deren Einwirkung am Ich hervorgebracht werden, schliessen will, ist immer geneigt gewesen zu dem wissenschaftlichen Irrthum, die Veränderungen am Ich für den Gegenstand der Erkenntniss selbst, nicht nur für das Mittel zur Erkenntniss der ausser uns befindlichen Dinge zu halten. Dem entgegen sind alle reellen Fortschritte da gemacht, wo man eine Körperwelt als etwas ausser dem Ich Bestehendes voraussetzte, und die Eindrücke unserer Sinnesorgane als zweckmässige Mittel betrachtete, um die reellen Dinge ausser uns zu erforschen. In der Physiologie des Auges sind z. B. die grossartigen Fortschritte, die wir Johannes Müller verdanken, nicht seinem idealistischen Standpunkte, sondern seiner scharfen Beobachtung und der Energie seines logischen Denkens entsprungen, mit welcher er die gefundenen Thatsachen in vernünftigen Zusammenhang brachte. Seinem Idealismus gehören die Irrthümer seiner Lehre an; er führte

ihn zu dem Verkennen des objectiven Lichts, zur Göthe'schen Farbenlehre, zur Theorie von der absoluten Grösse, zur Theorie von den anatomisch begründeten identischen Netzhautstellen; den Irrthum der letztern Annahme denke ich unten zu zeigen. Die Sinnesnerven, sagt Johannes Müller, werden dadurch zur Raumanschauung geschickt, dass sie ihre eigene Ausbreitung im Raum empfinden. Die Netzhaut empfindet zunächst sich selbst räumlich ausgedehnt, und der Mensch, welcher im Anfang seiner Entwickelung sehen lernt, wird nicht umhin können, sich zuerst selbst mit seinen Gesichtseindrücken identisch zu setzen. Ganz dem entsprechen die Annahmen, dass die Fähigkeit der Grössenschätzung durch Tast- und Gesichtssinn darin beruhen soll, dass die Seele die feinste ihr wahrnehmbare Distanz als Maaseinheit zu Grunde lege, insofern diese Maasseinheit in der Zahl der empfindenden Nervenelemente bedingt sein soll; dass eine Primitivfaser und ihre Verzweigung in der Haut den feinsten isolirten Eindruck jener Maaseinheit entsprechend vermittle, die Theorie der Empfindungskreise auf der Haut und Netzhaut, die es mit sich bringt, dass wir nicht nur die gereizten Hautstellen, sondern auch die zwischen ihnen liegenden ruhenden als nicht erregte empfinden sollen*) — das Alles sind Anschauungen der neuern Nervenphysiologie, welche auf dem Princip basiren, dass die Erregungen der Nerven selbst Object der Erkenntniss sind. Dem gegenüber steht z. B. die Anschauung von Helmholtz, dessen Verdienste die Physiologie des Auges mit einer nie gesehenen Schnelligkeit in den letzten Jahrzehnten vorwärts führten. Er drückt sich so aus, dass die Physik das Auge nur als ein sehr geeignetes Reagens auf das objective Licht zu betrachten habe. Meine Aufgabe wird es hier jedoch nicht sein, in weitem Umfange die Physiologie zu bearbeiten; es war nur nothwendig, den allgemeinen Grundsatz vorauszuschicken, dass alle Sinneswahrnehmung kein einfaches Insbewusstseinerheben des sinnlichen Reizes ist, sondern dass sie ein complicirterer Process ist, ein logischer Schluss aus den Elementen der sinnlichen Erregung; letztere ist das Mittel, durch welche wir die Erkenntniss der Objecte erlangen, niemals an und für sich aber Object einer concreten räumlichen

*) Wundt, Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung. 1863.

Wahrnehmung. Diesen Grundsatz will ich zunächst nur an der Physiologie des Auges durchführen.

Wundt*) hat unter den neuesten Autoren über physiologische Optik das grosse Verdienst, seine Ansichten auf sehr gründliche philosophische Studien basirt zu haben, und hat dadurch, dass er ganz besonders hervorgehoben hat, dass das Sehen ein logisches Schlussverfahren ist, was sich grösstentheils unbewusst vollzieht, den richtigen Standpunkt bezeichnet, von dem alle neueren Untersuchungen auszugehen haben.

Wenn die bisher verbreiteten Theorien des Gesichtssinnes mehr oder weniger alle an der Schwäche litten, dass sie in dem Wahrnehmen des Netzhautbildes das Wesentliche des Sehactes abgethan glaubten, so ist es eine That von reformatorischer Bedeutung, dass Wundt das Ungenügende des Netzhautbildes zum Zustandekommen des Sehactes nachgewiesen und sich nach andern Elementen umgesehen hat, welche im Verein mit dem Netzhautbilde dienen können, um den logischen Schluss aufzubauen, in welchem der Sehact besteht. Ich glaube nicht zu irren, wenn ich alle Theorien, in welchen das Wahrnehmen des Netzhautbildes die Hauptsache ist, als begründet in der idealistischen Philosophie ansehe, und Alles, was an ihnen irrthümlich ist, auf diesen Ausgangspunkt zurückführe. Es ist das Ich, was sich zunächst selbst empfinden soll, und was seine eigenen Empfindungen in der Sinneswahrnehmung objectivirt. Ob man sagt, dass das Netzhautbild in den Raum hinausgetragen, projicirt wird, oder ob die Seele die räumliche Vorstellung nach Anleitung des Netzhautbildes in den Raum hinein construirt, oder ob das Netzhautbild in die Tiefe ausgelegt wird — im Wesentlichen haben alle diese Ausdrucksweisen denselben Sinn und leiden an demselben Fehler, dass sie der Seele nicht die Erkenntniss der wirklichen Welt zuschreiben; unvermittelt bleibt auf diesem Wege der wirkliche Raum mit seinem Inhalt wirklicher Körper neben dem angeschauten Raum, oder vielmehr — um mich dogmatisch strenge auszudrücken — neben der in räumlicher Form angeschauten Welt, welche gleichsam erst ein Product der Thätigkeit des Gesichtssinnes ist. Man mag empirisch forschen so weit man will, und auf experimentellem Wege neue

*) l. c.

Gesetze feststellen, so lange nicht jener idealistische Standpunkt verlassen, wird aller Fleiss und Scharfsinn keine reellen grossen Fortschritte erringen, denn die Vermittlung zur Erkenntniss der Wirklichkeit ist nicht vorhanden.

Dagegen ist auf dem Wege, welchen Wundt eingeschlagen, das richtige Ziel in's Auge gefasst und jeder reelle Fortschritt in der Erkenntniss der Sinneswahrnehmung, sowie in der empirischen Psychologie ist durch jene rein empirische, von Vourtheilen freie Methode zu erwarten. Der neueste Autor über den Ortssinn der Netzhaut und die identischen Netzhautstellen*), Ewald Hering, steht dagegen ganz auf dem Standpunkt des Idealismus, den ich nicht besser als mit seinen eigenen Worten charakterisiren kann: „Der wirkliche Raum ist der, wie er sich aus der vereinten Beobachtung des Tast- und Gesichtssinnes mit Hülfe von Urtheil und Schluss ergeben hat. Dass auch dieser Raum im Grunde ein subjectiver ist, versteht sich von selbst. Sehraum ist der Raum, wie er für's Auge im Anschauungsbilde ist; ich nenne ihn subjectiv im engern Sinne.“ Ein anderer Ausdruck von ihm ist „das Traumbild einer Raumwelt, welches wir bei offenen Augen träumen.“

Bei einigem Nachdenken muss es klar werden, dass dieser Standpunkt niemals aus dem Bereich des Subjectiven herausführt, dass er nicht hinüberleiten kann zur Erkenntniss des Wirklichen; die wirkliche Welt, die ganze Natur wird durch ihn verflüchtigt, ihrer Wesenheit beraubt, und der Mensch dreht sich auf ihm mit seiner selbsterschaffenen Traumwelt im ewig unfruchtbaren Kreise, ohne etwas Weiteres zu erkennen als sich selbst und seine unverbesserliche Unzulänglichkeit und Täuschungsfähigkeit. Aus diesem Grunde ist auch die Arbeit Herings kein reeller Fortschritt in der Physiologie, obwohl sie einen bedeutenden kritischen Werth hat. Dem entsprechend ist ihr Charakter conservativ, sie beschränkt sich auf die Vertheidigung und Befestigung alter Lehrsätze, wie der Identitätstheorie, die sie vor dem Einreissen der Neurer zu bewahren sucht. Sie bemüht sich, dieselbe auf eine festere Basis zu stellen, ohne aber zu bemerken, dass sich die Theorie selbst ihr dabei unter den Händen auflöst

*) Beiträge zur Physiologie I. II Leipzig 1861 u. 1862.

und verflüchtigt. Die Verdienste der Arbeit sind dennoch gross. So weit sich die Erscheinungen des binokularen Sehens auf experimentellem Wege feststellen lassen, halte ich sie durch Herings Arbeit für absolvirt, abgesehen von jeder Theorie der Congruenz, auf welche sich Hering eigentlich gar nicht einlässt. Die Thatsachen hat er experimentell gesammelt und kritisch zusammengestellt; ein grosser Irrthum ist es aber, wenn er dadurch die Müllersche Lehre von den identischen Netzhautstellen befestigt zu haben glaubt. Johannes Müller spricht sich aufs aller entschiedenste dagegen aus, dass jemals das Experiment allein einer physiologischen Lehre zu Grunde gelegt werden dürfe. Dem Experiment gebührt nach ihm die Stelle eines bestätigenden Hülfsmittels für eine Lehre, die im vernünftigen Zusammenhang mit allen andern begründet sein muss. Es ist keine Hypothese bei Müller, dass eine organische Verbindung beider Netzhäute vorhanden sei, sondern eine logische Forderung; die Hypothese war, dass er diese Verbindung im Chiasma nervorum opticorum annahm. Ihm sind die beiden Netzhäute nur Zweige ein und desselben Sehsinnorganes, denen nur ein gemeinschaftliches Sehfeld zukommt, so dass es ganz gleich ist, ob mit dem einen oder andern Auge gesehen wird, ob die eine oder die andere retina gereizt wird. Jede Retinastelle des einen Auges versetzt nach dem idealistischen Standpunkte Müllers ihre Erregung an dieselbe Stelle des Gesichtsfeldes, wohin die ihr entsprechende identische Stelle der andern retina ihre Erregung versetzen würde. Zur Bestätigung dieser Theorie dienen Müller die Beobachtungen der Doppelbilder. Aber wie die ganze Lehre nicht auf's Experiment, sondern auf die philosophische Auffassung der Physiologie gegründet ist, so kann sie auch nicht durch Experimente allein neu befestigt werden, nachdem ihre Grundlage erschüttert ist. Wohl aber sind Experimente und Erfahrungen geeignet, diese Grundlage zu erschüttern.

Die vorzüglichste Veranlassung aber, um jene Theorie zu verlassen, liegt in dem Aufgeben des idealistischen Ausgangspunktes, was von der heutigen Forschung gefordert werden muss. Wundt hat die Physiologie des Auges dadurch auf die richtige Basis gestellt, dass er den Satz voranstellte, dass das Sehen ein logisches Schlussverfahren ist in Folge der Anregung durch die sinnliche Empfindung. Dadurch hört die

reine sinnliche Empfindung auf, als ein in sich fertiges abgeschlossenes Ganzes betrachtet zu werden, was einfach ins Bewusstsein erhoben werden müsste, um eine Wahrnehmung und Vorstellung zu werden. Es ist damit dem Forscher freie Bahn geschaffen, alle Empfindungselemente vorurtheilsfrei aufzusuchen, und die Art, wie sie den logischen Schluss influiren, zu bestimmen. Man steht auf solche Weise auf dem Boden der Empirie und ist befreit von allen solchen antecipirten Anschauungen, dass das Auge zunächst sich selber sehen müsse, dass beide Augen deswegen nicht immer doppelt sehen, weil sie nur ein Organ zusammen darstellen, dass man ein Ding, trotz der zwei Augen, nur in einer Richtung sehen könne, dass man überhaupt seine Empfindungen nach aussen versetze — Ansichten, welche immer nur, wie wir es noch bei Hering auffallend sehen, zu einer Anschauung eines wesenlosen traumbildartigen Raumes führen, welcher gleichsam als ein Product des Auges erscheint, während der empirische Standpunkt, welcher keine Philosophie zulässt, als nur soweit sie in der vernünftigen Vereinigung und Verbindung vieler Erfahrungen besteht, auf die Erkenntniss der wirklichen Körperwelt ausgeht und hierin weiter gelangt als der Idealismus.

.Die erste Thatsache, mit welcher die idealistische Theorie des Sehens in Widerspruch geräth, scheint mir in der Beobachtung des Kindes, das sehen lernt, sich darzustellen. Danach soll bekanntlich der Tastsinn einen wesentlichen bedeutenden Einfluss auf die Correction der Gesichtseindrücke ausüben. Denn wenn die retina zunächst und eigentlich immer sich selbst wahrnehmen sollte, so lag in ihrer flächenhaften Ausbreitung ein Hinderniss für die Erkenntniss der Tiefendimension. Als Beleg dafür gilt, dass die Kinder sehr häufig nach entfernten Dingen, z. B. dem Monde, greifen; man schliesst, dass sie jene Dinge vermittelst des Gesichtssinnes für näher halten als sie sind, und durch die vergeblichen Tastversuche dies Urtheil corrigiren lernen. Allein man kann ebenso gut daraus schliessen, dass nicht der Gesichtssinn, sondern der Tastsinn sich noch in dem unvollkommenen Zustande befindet, dass die Kinder glauben, sehr entfernte Dinge, deren Distance sie durch die Augen richtig oder annähernd richtig taxiren, mit den Händen erreichen zu können. Die Kenntniss, wie weit die Hände reichen, muss auch

erst gelernt werden durch mannigfache Erfahrung, und man kann sehr gut umgekehrt annehmen, dass der Gesichtssinn für die Hände der leitende Sinn ist. Für denjenigen, der die Entwickelung kleiner Kinder consequent beobachtet hat, kann es in der That auch kein Zweifel sein, dass sich die Sache so verhält. Lange bevor die Hände irgend etwas sicher ergreifen lernen, sind unzweifelhafte Zeichen da, dass das Kind Gesichtseindrücke beurtheilt. Die Augen folgen jedem bewegten Object nah und fern, jedem Menschen, jedem Thier und das Kind drückt Wohlgefallen, Freude oder Unruhe in Folge dieser Gesichtswahrnehmungen aus. Die ersten Versuche, etwas zu ergreifen, beginnen damit, dass das Kind das Object sehr scharf fixirt, den Kopf vorstreckt, als wollte es mit den Augen darauf los. Dann rühren sich die Hände zuerst sehr unsicher und ungeschickt, sie sind nicht im Stande, den kürzesten Weg bis zum Objecte zurückzulegen und lernen dies erst langsam unter offenbarer Leitung des Auges. Im spätern Leben mag es in ganz besondern Fällen wohl vorkommen, dass ein Object, dessen Gestalt mit dem Auge nicht sicher beurtheilt oder doppelsinnig aufgefasst werden kann, durch Hülfleistung des Tastsinnes richtiger erkannt wird, im Allgemeinen müssen wir aber sagen, dass von allen Sinnen der Gesichtssinn vorzugsweise dafür eingerichtet ist, die feinsten räumlichen Unterscheidungen zu machen, und wenn wir durch andere Sinne, wie z. B. den Tastsinn, räumliche Anschauungen gewinnen, erreichen diese niemals die Vollkommenheit und Genauigkeit der Gesichtswahrnehmungen. Daher halten wir es für einen Widerspruch, dass der Gesichtssinn in seiner Entwickelung durch den Tastsinn unterstützt und gefördert werden solle; das Umgekehrte ist der Fall.

Einen weitern Widerspruch mit den Thatsachen finde ich in der Behauptung, dass beiden Augen nur ein gemeinsames Sehfeld zukomme, in welches die Lichteindrücke in einer beiden Augen gemeinsamen Richtung localisirt werden. Man beobachtet nämlich bei Kranken, dass subjective Lichterscheinungen, so lange ihr Grund in der Reizung der einen retina oder der Sehnerven einer Seite liegt, niemals in's gemeinschaftliche Sehfeld versetzt, sondern immer nur von dem einen Auge gesehen werden. Sobald die Kranken über eine Verdunkelung oder ein Phosphen vor beiden Augen zugleich sich

beklagen, so ist das ein genügender Grund zur Annahme, dass die Veranlassung der Erscheinung hinter den Augen in den vereinigten Sehnerven liegt und gleichmässig auf beide einwirkt. Ferner beobachtet man bei Schielenden, bei welchen die Sehschärfe des schielenden Auges nicht erheblich gesunken ist, besonders bei alternirendem Schielen, oft ein sicheres Bewusstsein, ob sie in jedem Augenblick mit dem rechten oder dem linken Auge sehen, und eine Fähigkeit zu unterscheiden, welche Dinge sie mit dem rechten und welche mit dem linken Auge sehen. Ich habe nach der Operation eines jüngern Mannes mit strabismus alternans internus es beobachtet, dass er die gleichzeitige Empfindung beider Augen, die noch nicht völlig normal eingestellt waren (was bei alternirendem Schielen bekanntlich oft nicht zu erreichen ist), wahrnahm; er bezeichnete völlig genau die Richtung, in welcher beide Sehachsen sich befanden. Solche Patienten können daher, ohne ihr Spiegelbild zu sehen, den Grad ihres strabismus zur Ueberraschung des Arztes genau controliren; dass keine Täuschung dabei vorliegt, ergiebt sich, wenn man sich von den Kranken nach den gesehenen Objecten die Richtung, in welcher die Sehachsen gestellt sind, bezeichnen lässt. Es wird also in krankhaften Verhältnissen möglich, dass das Zusammenwirken beider Augen dadurch unterbrochen wird, dass sowohl subjective als objective Gesichtserscheinungen eines Auges gesondert und doch gleichzeitig mit denen des andern zum Bewusstsein gelangen. Das könnte nicht der Fall sein, wenn beide Augen in Folge ihrer Zusammengehörigkeit zu einem Organ alle ihre Empfindungen in ein gemeinschaftliches Gesichtsfeld versetzen müssten, was als ein angeborenes Attribut des Sehsinnorganes natürlich untheilbar wäre. Wie kann man sich denken, dass wenn beide Netzhäute organisch so verbunden sind, dass beiden nur eine gemeinsame Sehrichtung zukommt und je zwei identischen Stellen nur eine gemeinschaftliche Stelle im Gesichtsfeld entspricht, dass da die Seele noch Mittel und Wege finden soll, den Eindruck der einen retina räumlich an einem andern Ort wahrzunehmen, wie den der andern? Befreien wir uns dagegen von jener antecipirten Voraussetzung des gemeinsamen Gesichtsfeldes und damit der angeborenen Identität der Netzhautstellen, so hindert uns gar nichts, die Thatsachen der Erfahrung nach ihrem Werthe für

unsere Anschauungen zu benutzen. Wir werden demnach schliessen, dass der gemeinsame Gebrauch beider Augen keine durch die anatomische Organisation der Netzhäute und Sehnerven bedingte Nothwendigkeit ist, sondern dass er vielmehr aus Gründen der Zweckmässigkeit, um die Ausbildung des Gesichtssinnes zu befördern, erworben wird, unter ungewöhnlichen Verhältnissen aber auch wieder unterbrochen werden kann.

Als weitere Erfahrungsthatsachen, welche die Identitätstheorie zu erschüttern geeignet wären, sind seit Wheatstone's Erfindung der Stereoskopie zahlreiche Experimente angeführt worden, welche beweisen sollten, dass auch Eindrücke nicht identischer Netzhautstellen zu einem Anschauungsbilde verschmolzen werden und Eindrücke identischer Stellen unter Umständen als doppelt aufgefasst werden können. Die Versuche von Brücke, Volkmann, Panum u. A., trotz der zugegebenen Verschmelzung der Eindrücke von nicht identischen Stellen, die Theorie dennoch zu rechtfertigen — durch Augenbewegungen, durch eine psychische Action und durch die Annahme von identischen Empfindungspunkten mit Empfindungskreisen der Netzhäute — setze ich als bekannt voraus. Dagegen haben in neuester Zeit besonders Nagel und Wundt stereoskopische Versuche benutzt, um die Unhaltbarkeit der Theorie nachzuweisen. Allein auf diesem Wege lässt sich die Theorie nicht beseitigen, und Alles, was Wundt von allgemeinen und philosophischen Gründen gegen dieselbe vorgebracht hat, ist viel wirksamer als seine Versuche, selbst die mit Nachbildern, die in anderer Hinsicht über die Bewegung der Augen so ausgezeichnete Resultate geliefert haben. Hering hat gezeigt, dass ein sehr aufmerksamer Experimentator um so sicherer die Eindrücke identischer, d. h. entsprechend auf der retina gelegener Stellen in der Auffassung sondert, je sorgfältiger er alle Nebenumstände, welche Illusionen über die gemeinsame Anschauung herbeizuführen geeignet sind, ver-vermeidet. Er hat bei seinen Experimenten strenge darauf gehalten, dass er sich niemals eines stereoskopischen Apparates bediente, dass er weder durch Röhren noch Gläser hindurchsah, „weil sie unreine Resultate geben." Er bediente sich der einfachsten Linienzeichnungen auf einem vor das unbewaffnete Auge frei vorgehaltenen Papier, und führte die eingehendste Kritik an dem bekannten Wheatstone'schen Ver-

suche (Fig. 1) durch, wo dem einen Auge ein starker vertikaler Strich, dem andern ein dünner vertikaler und ein starker, welcher den letzten in einer etwas von der vertikalen

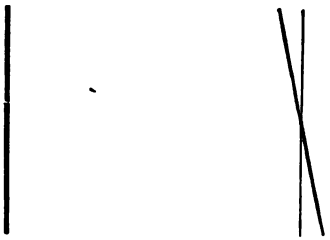


Fig. 1.

abweichenden Richtung kreuzt, geboten wird. Ferner beachtet er, dass er die Zeichnung mit paralleler Stellung der vertikalen Augenmeridiane betrachtet, um sicher zu sein, dass die vertikalen parallelen Striche wirklich auf correspondirende Stellen fallen und weil er bei convergirenden Sehachsen die Accommodation leichter von ihrer Uebereinstimmung mit der Sehachsenstellung loslösen kann, so nähert er die beiden Bilder nicht wie gewöhnlich mit parallelen, sondern mit gekreuzten Sehlinien.

Ich will hier sogleich eine Nebenbemerkung über die individuelle Gewöhnung im Gebrauch der Augen machen, auf die später noch bisweilen zurückzukommen sein wird. Die Resultate der einzelnen Beobachter sind ohne Zweifel oftmals durch individuelle Uebungen und Fertigkeiten modificirt. Ich kann z. B. bei parallelen oder nahezu parallelen Sehachsen leichter die Accomodation für die Nähe einrichten (ich bin myopisch $^1/_{14}$), als bei Convergenz der Sehachsen für die Ferne. Bei Hering ist es umgekehrt, und es scheint, als wenn er durch seine sehr zahlreichen Experimente eine forcirte Convergenzstellung der Sehachsen so häufig geübt und mit einer Accomodation für grössere Ferne verbunden hat, dass bei ihm kein erhöhtes Muskelgefühl mehr bei dieser Anspannung der Muskeln entsteht. Da aber ja in der Regel Convergenz und Accommodationszustand in einem bestimmten Verhältniss stehen, so wird man beide Muskelactionen in Anspruch nehmen können, wenn von dem Einfluss der einen auf Grössen- und Entfernungsschätzung die Rede ist. Sind aber individuelle Fertigkeiten im gesonderten Gebrauche beider Muskelthätig-

keiten vorhanden, so kann dadurch offenbar das Grössen- und Entfernungsurtheil modificirt werden. Es scheint, als wenn das Umgekehrte, wie bei Hering, bei den meisten Menschen der Fall ist, da die gewöhnlichen stereoskopischen Versuche alle mit parallelen oder fast parallelen Sehachsen angestellt werden, und keineswegs immer Convexgläser nöthig sind. Auch das Vereinigen zweier Bilder mit ganz freien Augen gelingt, so viel mir bekannt ist, leichter und mit weniger Spannungsgefühlen in den Augenmuskeln bei annähernd paralleler Achsenstellung und Accommodation für die Nähe als bei convergenter Stellung. Freilich mag Kurzsichtigkeit für diese Action begünstigend wirken.

Das Resultat der kritischen Untersuchung des Wheatstoneschen Versuches ist nun bei Hering, dass es ihm nur selten gelang, ein kurzes Stück vom obern Ende beider starken Striche zu vereinigen, während das Uebrige doppelt blieb. Jenes vereinigte kurze Stück trat jenseits hinter die Blattebene zurück, weil — wie Hering nicht bemerkt — er die Sehlinien vor der Blattebene gekreuzt hatte, während beim Verschmelzen mit parallelen Sehlinien der vereinigte Strich nothwendig mit seinem obern Ende aus der Blattebene hervortritt. In den allermeisten Versuchen vereinigte er die Bilder überhaupt gar nicht, wenn nicht eine ungewöhnliche und unwillkürliche Achsendrehung eines Auges eintrat, wodurch dann natürlich das Bild des schrägen und des vertikalen Striches auf correspondirende Stellen fiel. Er erklärt ferner, dass fast alle andern Bilder, die von Volkmann, Nagel, Wundt, Vierordt u. a. zur stereoskopischen Vereinigung entworfen sind, bei Anwendung aller Kautelen nicht zu vereinigen seien; mit vollkommenem Rechte macht er auf das häufige Unterdrücken eines Netzhauteindruckes zu Gunsten eines reinen Anschauungsbildes aufmerksam. Er führt gegen Wundt's Ausführungen den Beweis, dem ich mich vollkommen anschliessen muss, dass einfache doppeläugige Nachbilder nicht durch veränderte Convergenz der Sehachsen und Projection in grössere Ferne getrennt werden können in Doppelbilder. Seine Resultate, die auf experimentellem Wege gewonnen, fasst er in die Sätze zusammen*): 1) „Dass man mit den identischen Stellen in jedem

*) Ueber Dr. A. Classens Beitr. z. phys. Optik. Virch. Arch. XXVI. p. 560 ff.

Augenblick eine einfache (wenngleich unter Umständen im Wettstreit der Sehfelder wechselnde) Farbenempfindung habe, und dass beide Bilder identischer Stellen stets in einer und derselben Richtung meist auch einfach an einem und demselben Orte und nur ausnahmsweise hintereinander erscheinen, in welch letzterem Falle jedoch nie eine doppelte Farbenempfindung, sondern lediglich eine Sonderung der Contouren zu zwei hintereinander liegenden Bildern und ein abwechselndes Beziehen der stets einfachen Farben bald auf die nähern bald auf die fernern Contouren eintritt; 2) dass man im Allgemeinen mit nicht identischen Stellen doppelt sieht, sofern nicht das eine Bild aus bekannten Gründen etwa unterdrückt wird, dass es aber im Besondern auch mit nahebei identischen Stellen unter Umständen möglich ist, einfach zu sehen, indem sehr benachbarte gleichseitige Doppelbilder zu einem einfachen ferner als der Fixationspunkt erscheinenden, gekreuzte aber zu einem näher erscheinenden Bilde vereinigt werden können, welches Einfachsehen mit nicht genau identischen Stellen jedoch für den hinreichend Geübten nur fakultativ, nicht obligatorisch ist".

Man muss aber fragen, ob jene Cautelen, die Hering für die stereoskopischen Versuche empfiehlt, geeignet sind, über die Eigenschaften der Netzhaut zu entscheiden. Man erfährt dadurch, dass je mehr man mit unbewaffneten Augen, mit einfachen Strichbildern, mit grösster Aufmerksamkeit auf alle Doppelbilder experimentirt, desto weniger gelingt der stereoskopische Effect. Bedenkt man dagegen, unter welchen Verhältnissen im gewöhnlichen Leben das körperlich Sehen von Objecten erfolgt, so findet man, dass gerade diese Verhältnisse in Herings Experimenten möglichst umgekehrt sind. Im gewöhnlichen Leben sieht man sehr selten strichähnliche Körper in der Luft schweben, sondern in der Regel nur auf der Fläche eines Papiers gezeichnet; es übt ferner, wie ich das unten zeigen werde, das Sehen mit peripherischen Netzhauttheilen einen sehr bedeutenden Einfluss auf die Wahrnehmung des fixirten Objectes aus und trägt sehr dazu bei, dessen Grösse und Entfernung uns schätzen zu lehren. Wo also eine Illusion, wie die körperliche Wahrnehmung aus dem Verschmelzen zweier Planbilder es ist, hervorgebracht werden soll, ist es zweckmässig, das Sehen mit peripherischen Netzhauttheilen zu ver-

hindern. Das geschieht, indem man vor jedes Auge eine Röhre hält, und die Zeichnung von allen peripherischen Bildern isolirt. Ein solcher Röhrenapparat begünstigt also die zu erzielende Illusion. Fügt man demselben noch konvexe Prismen ein, so können diese nur den Einfluss haben, eine übermässige Muskelanspannung zu verhüten, und das Bewegungsgefühl des Auges dem normalen Zustand, wo wir gar keine Muskelspannung fühlen, zu nähern. Wenn dabei die Bilder scharfe Contouren haben, so würde die Netzhautfunction wie im normalen Zustand vor sich gehen. Es sind also in derartigen Apparaten Erleichterungsmittel zu finden, um die körperliche Auffassung zweier inkongruenter Planbilder zu fördern. Von unreinen Resultaten kann man dabei höchstens in sofern reden, als es oft unentschieden bleibt, ob das Vereinigen zu einem Bilde vermittelst einer partiellen Unterdrückung eines Netzhautbildes oder durch ein wahres Verschmelzen beider zu Stande kommt. Ueber die Wirkung auf die Auffassung der Tiefendimension, lässt sich heut zu Tage nicht gut mehr streiten. Ich bin zwar mit Hering gegen Nagel der Ansicht, dass auch mit einem Auge allein die Tiefendimension erkannt wird, und werde das später motiviren, aber warum sollte die Natur nicht auf mehreren Wegen dasselbe Ziel erreichen können? Hering scheint grosse Neigung zu haben, das Erkennen der Tiefendimension mit einem Auge aus denselben Motiven wie das mit beiden abzuleiten, welche nur im Netzhautbild und der Erfahrung liegen sollen, aber dass es ein ganz verschiedner Effect ist, wenn man zwei inkongruente Bilder doppeläugig vereinigt, und wenn man einäugig aus dem perspectivischen Verhalten das Körperhafte eines Dinges erschliesst, das dürfte doch nicht mit einiger Wahrscheinlichkeit des Erfolges mehr bestritten werden können. Beim Sehen mit einem Auge bleibt immer noch eine gewisse Willkür des Urtheils übrig, ob man das Ding als Planzeichnung oder in die Tiefe gebildet sich vorstellen will, aber beim Sehen im Stereoskop heisst es: entweder keine Vereinigung der Bilder und Doppeltsehen, oder Tiefenaufassung mit nothwendigem Zwang. Dabei ist die Fixation nicht an einen Punkt gebunden, sondern kann willkürlich bewusst von einer Ecke des Sammelbildes zur andern sich bewegen, ohne dass das Körperliche und Einheitliche des Ganzen aufhört, eine unleugbare Thatsache, die hinreicht, um

Brücke's Erklärung, dass das Körperlichsehen Folge unbewusster Augenbewegungen sei, zu widerlegen. Die Entdeckung des Telestereoskop von Helmholtz ist bereits 1857 veröffentlicht (Pogg. Ann. 102.) und muss jeden Zweifel vernichten darüber, dass die perspectivische Verschiedenheit beider Netzhautbilder, je bedeutender sie ist, desto grössern Zwang zur Tiefenwahrnehmung ausübt. So gelingt nun auch der Wheatstone'sche Versuch mit Hülfe eines Stereoskopes sehr gut und vollkommen und durch Anbringung von Merkzeichen auf jedem Striche kann man sich überzeugen, dass im Sammelbilde eine wirkliche Vereinigung stattgefunden hat; freilich ist es vortheilhaft, wenn man den schrägen Strich nicht in dem Maasse wie es Hering thut, von der Vertikalen abweichen lässt. Nagels Versuch (Fig. 2) hat mir allerdings niemals ein reines Resultat

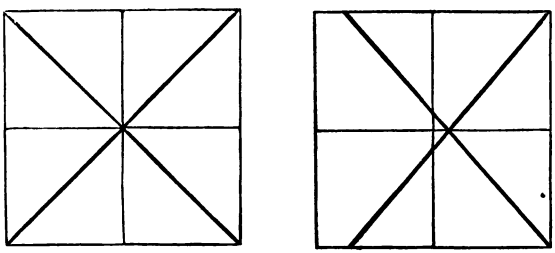


Fig. 2.

geben wollen, d. h. niemals ein ganz ruhiges Bild, in welchem keine Doppelbilder hin und wieder auftauchten. Vielleicht gelingt er besser bei etwas lebhafterer Erregung der Phantasie, d. h. der Einbildungskraft. Unter dieser Kraft will ich nicht das regellose Spiel abwechselnder Vorstellungen verstehen, sondern die Fähigkeit Bilder in der Vorstellung zu erzeugen, die eben so gut nach logischen Gesetzen verfahren muss, wie die ganze Seele ein sich nach logischen Gesetzen entwickelndes Wesen ist (Wundt.) Sie ist bei jedem Erheben einer Gesichts-Empfindung zur Vorstellung thätig, und vielleicht fällt ihr eine besonders grosse Rolle zu, wenn die Vorstellung aus nicht ganz gewöhnlichen Elementen wie bei der Verschmelzung zweier Planbilder zu einem Reliefbild gewonnen werden soll. Je ähnlicher die Elemente den gewöhnlichen sind, d. h. je mehr die stereoskopischen Bilder wirkliche Körper, wie wir sie zu sehen gewohnt sind, darsteto leichllen, des-

ter muss die Vorstellung des Reliefbildes gewonnen werden, während in den einfachen Strichfiguren ein Hinderniss liegt für die Leichtigkeit der Erzeugung des Vorstellungsbildes.

Doch weiss ich sehr wohl, dass diese Ansichten auf einem philosophischen Boden ruhen, der nicht von Allen getheilt wird, und da es mir nicht um philosophische Streitigkeiten sondern um physiologische Fragen zu thun ist, so will ich gar kein Gewicht auf alle jene stereoskopischen Experimente legen, welche aus der Vereinigung möglichst einfacher Figuren Beweise gegen die Identitätslehre zu entnehmen suchen. Mit Hülfe verschiedener psychologischer Ansichten lassen sich dieselben so verschieden deuten, dass der Streit darüber nicht zu Ende geführt werden kann. Das aber muss ich als festen Erwerb der durch die Stereoskopie errungen ist, festhalten, dass der Beweis geliefert ist, dass ungleiche perspectivische Ansichten eines Dinges für beide Augen unser Urtheil über dessen Tiefendimension ganz anders und viel zwingender bestimmen, als dies je durch ein einäugiges Bild geschehen kann.

Diese Thatsache hat Hering wohl ganz übersehen als er sein metaphysisches Schema der Sehrichtungen entwarf. Er behauptet nämlich, dass die Identitätstheorie sich nicht vereinigen lasse mit der Projectionstheorie. Letztere verlangt, dass die Netzhautbilder auf den Richtungslinien, die ihnen zugehören, an den Ort hinausgetragen werden, wo sich das gesehene Object befindet. Das verträgt sich allerdings nicht mit der Theorie, welche je zwei identischen Netzhautstellen eine gemeinsame Richtung zuspricht, in welcher dieselben ihren Lichtreiz hinausversetzen sollen. Denn die Richtungsstrahlen eines gesehenen Punktes, die durch den Knotenpunkt jedes Auges gehen, werden, sobald sie nicht aus grosser Ferne kommen, immer einen merklichen Winkel mit einander bilden. Die Knotenpunkte beider Augen sind einmal etwa $2^1/_2$ Zoll von einander entfernt, und man wird daher aus den Richtungsstrahlen eines Punktes und der Verbindungslinie beider Knotenpunkte ein Dreieck konstruiren können, dessen lange Seiten, streng genommen, erst dann parallel würden, wenn der gesehene Punkt unendlich fern läge. Je näher das Object dem Auge rückt, desto grösser muss der Winkel der Richtungslinien werden. Nun soll aber der gesehene Punkt sich auf identischen Stellen abbilden, wenn er nicht doppelt er-

scheint, und diesen kommt nach der konsequenten Identitätstheorie nur eine gemeinsame Sehrichtung zu. Also lassen sich beide Theorien nicht miteinander vereinigen. Viele Physiologen haben freilich die Identitätstheorie nur so aufgefasst, dass sie das Charakteristische der identischen Stellen nur in der Vereinigung ihrer Eindrücke zu einem Bilde fanden, nicht aber die Sehrichtung als unabänderliches Atribut hinzugefügt dachten. Z. B. leitet Volkmann die Erkenntniss der Richtung in welcher gesehen wird, von den Augenbewegungen ab. Damit verträgt sich sehr gut die Erklärung der Doppelbilder, die Johannes Müller gegeben hat, dass dieselben nämlich in einer unrichtigen Entfernung erscheinen. Die Müllersche Erklärung ist nach der Figur 3, in welcher A B C drei gesehene

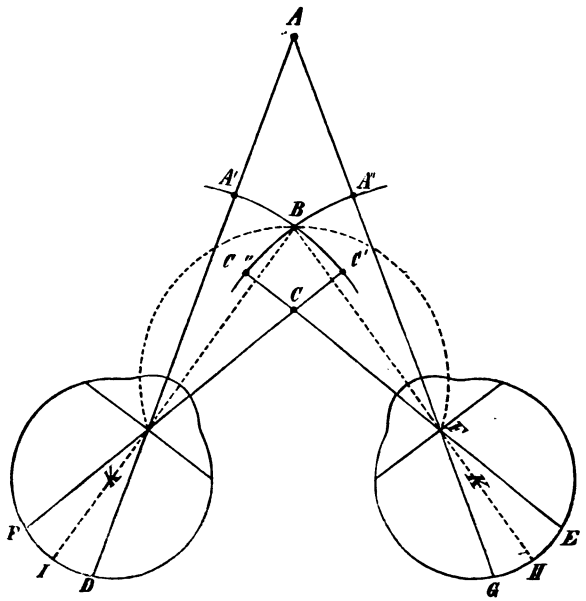


Fig. 3.

Nadeln vorstellen sollen, bekanntlich so: Wir bestimmen die Entfernung eines jeden Bildes nach dem Abstand des Durchschnittspunktes beider Sehachsen B vom mechanischen Mittelpunkt des Auges und sehen jeden leuchtenden Punkt auf der Verlängerung seines Richtungsstrahles. A wird also in der Richtung DA und GA und in der Entfernung B gesehen also

als Doppelbild in A′ und A″, C erscheint in der Richtung FC und EC und ebenfalls in der Entfernung von B also auf C′ und C″. Die strengere Projectionstheorie drückt dies dann so aus: das Netzhautbild wird auf den Richtungslinien der Netzhautpunkte hinausgetragen und im Fall Doppelbilder erscheinen, wird es nicht weit genug oder zu weit hinausgetragen. Nagel fügt jedem Auge als angeborne Eigenschaft eine Projectionssphäre hinzu, die jedesmal durch den fixirten Punkt geht, was weiter nichts anderes sagen will, als was schon Johannes Müller in der Erklärung der Doppelbilder gesagt hat, dass die indirect gesehenen Bilder in derselben Entfernung mit dem fixirten Punkte erscheinen.

Consequenter Weise führt diese Theorie freilich zu absurden Folgerungen. Es müssten danach alle Dinge stets in derselben Entfernung wie der fixirte Punkt erscheinen, oder wenn man der Erfahrung und Uebung einen Einfluss auf die Correction der Tiefenwahrnehmung gestatten will, so musste die Erscheinung der Doppelbilder im indirecten Sehen auch durch Erfahrung zu überwinden sein, was sie bekanntlich nicht ist. Doppelbilder, solange nicht das eine unterdrückt wird, bleiben stets gegen alle Erfahrung und besseres Wissen unüberwindlich bestehen. Aber auch aus dem einfachsten Beispiel beweist Hering sehr richtig, dass die Doppelbilder keineswegs in falscher Entfernung erscheinen. Wenn man nämlich einen Finger in 8″ und einen in 24″ Entfernung vor dem Gesicht hält, und abwechselnd bald einen bald den andern fixirt, so erscheint der indirect gesehene stets doppelt, aber niemals täuschen wir uns in irgend erheblichem Maasse über die Entfernung beider Finger. Wenn also die Bilder auf den Richtungslinien hinausgetragen werden und kein Irrthum über die Entfernung, wie weit sie hinauszutragen sind, vorliegt, so müssen sie allemal auf den richtigen Ort, von welchem sie herstammen, versetzt werden. Folglich ist die Projectionstheorie, so schliesst Hering, nicht im Stande, die Doppelbilder zu erklären. Dem schliesse ich mich vollkommen an, aber aus andern Gründen wie Hering. Der Irrthum der Projectionstheorie liegt allein in ihrem idealistischen Standpunkte. Dass sie das Sehen dadurch erklärt, dass die Netzhautbilder in den Raum hinausgetragen werden, benimmt ihr die Fähigkeit, alle Erscheinungen desselben zu erklären. Sie gelangt nur zu einer

vom Auge konstruirten gleichsam geschaffnen Raumwelt, und hat nie das Vermögen, das Erkennen wirklicher räumlicher Verhältnisse zu erklären. Dieser idealistische Standpunkt ist bei Hering aber ganz derselbe, wo möglich noch schroffer, und demgemäss verfällt er in noch grössere Irrthümer, indem er zur Befestigung der Identitätstheorie, zur Erklärung der Doppelbilder es für nöthig hält, die Richtung, in welcher gesehen wird, ganz von den Richtungsstrahlen abzulösen.

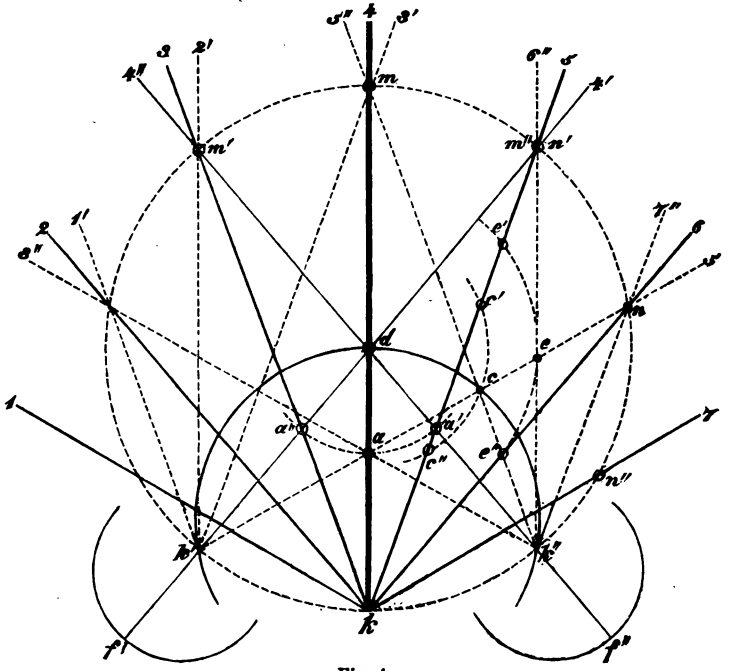


Fig. 4.

Der Punkt k in der Gesichtsmittellinie (über der Nasenwurzel) gelegen soll nach dem gegebenen Schema derjenige Punkt sein, von welchem alle Sehrichtungen ausgehen, gleichsam der vereinigte Standpunkt beider Augen, analog wie die identischen Netzhautstellen ihrer Funktion nach aufs innigste vereinigt sein sollen. Der Punkt d ist der fixirte, der sogen. Kernpunkt des Sehraumes, um welchen der von jedem Auge wirklich gesehene Raum sich so im Kreise gedreht hat, dass die Knotenpunkte k' und k'' in k zusammenfallen. Es sind einige Richtungslinien, die unter gleichen Winkeln divergiren

für jedes Auge gezogen als k' 1', k' 2', k' 3', k' 4' und k' 5', für das rechte Auge k" 3", k" 4", k" 5", k" 6" und k" 7". Dem entsprechend sind die Winkel der hypothetischen neuen von k ausgehenden Sehrichtungen unter demselben Winkel divergirend als k 1, k 2, k 3, k 4, k 5, k 6, k 7. Ausser dem fixirten sogen. Kernpunkte d sind noch beispielsweise die Flecke m, a, c, e, n als gesehene Objecte im wirklichen Raum auf den Durchschnitts-Punkten der gezeichneten Richtungslinien beider Augen angenommen. Man findet ihren Ort, den sie als Doppelbilder im hypothetischen neuen Sehraum einzunehmen haben dadurch, dass man ihre Entfernung von d in den Zirkel fasst, und sie durch Kreisschlagen auf die nächstgelegenen hypothetischen Sehrichtungen überträgt. So wird denn m nach m' und m" verlegt, a in a' und a" u. s. w. Die Punkte, welche wie c auf dem Müllerschen Horopterkreise liegen, fallen hintereinander in dieselbe Sehrichtung und verschmelzen daher in der Wahrnehmung.

Ich muss gestehen, dass diese That, alle Gesichtsobjecte in neue Sehrichtungen hineinzuverlegen, einem genialen Staatsstreich, der plötzlich alle Ordnung in consequenter Weise umkehrt, zu vergleichen ist. Die logische Consequenz ist wirklich bewundernswerth; alle Forderungen, die man auf Grund experimenteller Erfahrung an die Lokalisation der Doppelbilder stellen kann, sind auch in dem neuen Schema erfüllt. Die Dinge, die auf denselben Richtungslinien hintereinander liegen, liegen auch so auf den neuen Sehrichtungen, die Doppelbilder jenseits des Fixirpunktes sind gleichnamig, diesseits gekreuzt, der Müllersche Horopterkreis ist der geometrische Ort für alle in einer Sehrichtung gesehenen und daher leicht zu verschmelzenden Doppelbilder, der Abstand der Doppelbilder wächst proportional ihrer Entfernung vom Fixirpunkt, kurz es ist in dem neuen Schema Alles scheinbar so sehr der Wirklichkeit entsprechend, dass ein Zeitalter, was ohnehin das Experiment und die mathematische Formel über Alles verehrt, eine Zeit lang vielleicht steif und fest an die Realität jener Sehrichtungen glauben könnte. Zumal wenn erst die trigonometrische Formel berechnet ist, nach welcher nun allen Doppelbildern unweigerlich ihr Ort angewiesen werden kann, so könnte man glauben, dass damit wirklich das Problem gelöst sei. Aber um so entschiedener müssen alle, die im Be-

sitz zweier gesunder Augen sind, dagegen protestiren, dass ihnen eine solche cyklopische Weltanschauung, durch welche der Sehraum kümmerlich zusammenschrumpft, oktroyirt wird. Die Gründe ausser jenen theoretischen, auf welche Hering dies Schema stützt, sind ausserordentlich schwach. Er sagt: „Man fixire seinen gerade vor's Gesicht gehaltenen Finger mit beiden Augen, so wird er in der erwähnten Medianebene erscheinen; dann schliesse man das linke Auge: der Finger bleibt nach wie vor in der Medianebene. Gerade hinter dem Finger, also ebenfalls in jener Medianebene, erscheint dann vielleicht ein Fensterstock, ein Baum oder sonst etwas. Der entsprechende wirkliche Fensterstock oder Baum aber liegt keineswegs in der Medianebene des wirklichen Leibes, sondern mehr oder weniger abseits nach links hin. Gleichgültig also, wo das wirkliche Ding liegt und welche relative Lage demgemäss die Gesichtslinie zur Medianebene des wirklichen Leibes hat, das Anschauungsbild erscheint in der Medianebene des vorgestellten Leibes, sobald das Netzhautbild auf die Netzhautgrube eines oder beider symmetrisch gestellten Augen fällt.“ Jenes „also ebenfalls in der Medianebene“ Erscheinen von Objecten, die auf derselben Richtung mit dem fixirten Finger liegen, mag Hering allein verantworten. Mir ist es wenigstens, und ich glaube jedem, der zuweilen mit einem Auge allein gesehen hat, vor Allem gewiss den Einäugigen sehr gut möglich, zu erkennen, dass die auf derselben Richtung hinter dem fixirten Finger gelegenen Objecte um so weiter seitlich von der Medianebene liegen, je weiter sie entfernt sind. Das ist die einzige thatsächliche Begründung, die Hering für sein Schema anführt, und wir müssen sagen: sie ist keine. In diesem Punkte hat der genaue Experimentator sehr ungenau verfahren

Theoretische Gründe sind also keine für uns vorhanden, um die neuen Sehrichtungen zu adoptiren, denn die Identitätstheorie in dem Sinne, dass die Function zweier identischer Stellen identisch sein soll, können wir aus den oben entwickelten Gründen nicht gelten lassen. Thatsächliche Gründe liegen ebensowenig vor, wohl aber eine Menge Thatsachen, die sehr dagegen sprechen. Vollständig genügend scheint mir vor Allem die Stereoskopie jene Verschmelzung der Standpunkte zu widerlegen. Ich habe schon gesagt, dass das ein-

äugige Körperlichsehen sich durchaus nicht vergleichen lässt mit dem durch ein Stereoskop hervorgebrachten. Beides sind logische Schlüsse, aber aus andern Grundelementen gezogen. Die perspectivische Ungleichheit beider Netzhautbilder fehlt im einäugigen Sehen. Beiden gemeinsam ist die Wirkung der perspectivischen Projection der Objecte auf die Netzhaut, die Wirkung der Luftperspective, die Bewegung des Auges und der Objecte. Das Telestereoskop von Helmholtz ist von allen Instrumenten am geeignetsten, die Zunahme der Reliefanschauung mit der zunehmenden Ungleichheit der Netzhautbilder, d. h. mit der zunehmenden Entfernung beider Augen von einander zu demonstriren. In gewöhnlichen Landschaftsbildern kann man aber schon oft ohne Mühe beobachten, dass die Reliefform sich übertrieben zeigt, so dass die Naturwahrheit der stereoskopisch vereinigten Landschaftsbilder nicht immer grösser als die einfacher Planbilder ist Sind die im Stereoskop den Augen dargebotenen Bilder von zwei Standpunkten aufgenommen, die entfernter sind als unsere Augen von einander, so bekommt das verschmolzene Bild mehr Aehnlichkeit mit einer Aufstellung von Theatercoulissen, als der Natur entspricht.

Um übrigens etwaigen Missverständnissen vorzubeugen, so will ich eine bei stereoskopischen Bildern vorkommende Täuschung hier erwähnen, deren Ursache ich erst weiter unten ausführlicher begründen kann. Weite Landschaftsbilder geben in der Vereinigung einen Effect von Tiefe und Entfernung, wenn auch beide Planbilder von genau demselben Standpunkte aufgenommen sind, und dieser Effect ist ganz ähnlich dem durch die Verschmelzung ungleicher Bilder hervorgebrachten. Er erklärt sich aber — da in der Netzhautempfindung kein Grund zu dieser Erscheinung liegt — allein durch den Muskelsinn, welcher im Moment der Verschmelzung beider Bilder einer Augenstellung angepasst ist, welche wir sonst für die Betrachtung ferner Dinge zu brauchen gewohnt sind.

Die Doppelbilder im Scheinerschen Versuch beweisen doch, dass jeder Netzhautstelle ganz unabhängig von unserer geistigen Thätigkeit eine bestimmte Sehrichtung zukommt — wenigstens so lange sie in ihrer normalen Lage verharrt. Etwas anderes ist es, ob wir diese Richtung der Lichteindrücke in unser Urtheil aufnehmen. Hierzu dienen die Bewegungen

des Auges im Dienste der Netzhautempfindung, und unser Urtheil fällt um so richtiger aus, je normaler die Bewegungen und der sie begleitende Muskelsinn sich verhalten.

Was ist nun das Wesen der Doppelbilder? Die Projectionstheorie konnte sie nicht erklären, weil sie die Netzhautbilder auf den Visirlinien nach aussen versetzen lässt, und ein solches Nachaussenversetzen stets auf den einfachen Ursprung der Bilder zurückführen müsste. Die Identitätstheorie von Hering verrückt die Doppelbilder in solchem Maasse von den Visirlinien, wie es physikalisch unmöglich ist, und nennt die Doppelbilder consequenter Weise Trugbilder. Allein es sind keine Trugbilder, so wenig wie irgend ein reelles Object. Freilich könnte die Identitätstheorie ebenso gut ihren ganzen Sehraum einen Trugsehraum nennen. Wir aber wollen es nur mit der realen Wirklichkeit und deren Erkenntniss durch den Gesichtssinn zu thun haben, so gut wir es vermögen, und behaupten daher: die Doppelbilder sind die Erscheinung der wirklichen Dinge an ihrem richtigen Ort in zwei so verschiedenen Richtungen gesehen, dass kein einfacher Schluss daraus entstehen kann. Das werden wir weiter hin noch auszuführen haben.

Ueber den Orts- und Formensinn der Netzhaut.

Nagel nimmt in seiner beachtenswerthen Arbeit*), in der er den vorzüglichsten Anstoss zum Kampf gegen die Identitätstheorie gab, seinen Ausgang von der perspectivischen Verziehung der Netzhautbilder, insofern sie eine Ungleichheit der Bilder in beiden Augen hervorbringt, um dadurch die Wahrnehmung der Tiefendimensionen zu erklären, und kommt zu dem Trugschluss, dass die Tiefenwahrnehmung nur durch das doppeläugige Sehen erlernt werde. Meine Aufgabe soll es hier sein, aus der perspectivischen Verziehung der Netzhautbilder die Tiefenwahrnehmung mit einem Auge herzuleiten.

Die Netzhautbilder von zwei Parallellinien sind nicht parallel, d. h. sie sind nicht überall gleichweit von einander entfernt. Fällt das Bild der einen in den katexochen sogenann-

*) Das Sehen mit zwei Augen. 1861.

ten senkrechten Meridian, so wird das der andern auf einen andern Meridian fallen. Wem die mathematische Beweisführung hierfür nicht leicht zugänglich ist, der kann sich einen anschaulichen durchaus schlagenden Beweis für dies Gesetz verschaffen, wenn er in den Apparat eines Photographen anstatt der bildauffangenden Platte eine Halbkugelschale einfügt, die man z. B. aus durchscheinendem Oelpapier, was über ein Drahtgestell gespannt ist, verfertigen kann. Man erhält dadurch einen dem Auge sehr ähnlichen optischen Apparat, dessen eigenthümliche Vorzüge in dem sehr grossen Umfange des Gesichtsfeldes bestehen, dessen Nachtheil, wenn es gälte, der Wirklichkeit möglichst ähnliche Bilder zu entwerfen, aber auch sogleich sehr anschaulich entgegentritt. Die perspectivische Verzerrung aller Bilder ist so gross, dass man in eine ganz andere Welt hineinzusehen glaubt.

Haben wir nun zwei Parallellinien z. B. in Form zweier Fäden in möglichst grosser Ausdehnung durchs ganze Gesichtsfeld senkrecht nahe vor uns aufgespannt, und vergleicht man nun, von der Vorstellung des Parallelismus abstrahirend, die Entfernung beider Bilder an verschiedenen Punkten von einander, so gewahrt man wirklich, dass ihre Enden sich nach oben und unten einander nähern, in der Mitte die Bilder am weitesten von einander entfernt sind. Es sind zwei Bogenlinien, deren Concavität einander zugekehrt ist. Dennoch haben wir auch beim ersten Anblick nicht die Linien für bogenförmig gekrümmt gehalten. Wir können ohne Zweifel unser Urtheil über den Verlauf der Linien durch Bewegungen des Auges berichtigen und befestigen, indem wir alle einzelne Theile nach einander fixiren, und es mag uns der geradlinige Verlauf jeder einzelnen dadurch zur sicheren festen Vorstellung werden. Aber wenn wir noch so viel das Auge über beide Linien hinführen, wir ändern dadurch die Erscheinung nicht, dass die Enden der Bilder sich einander nähern. Offenbar oberflächlich würde es sein, einfach zu sagen, die Erfahrung sei der Grund, dass wir die Linien parallel sehen. Da bleibt noch zu fragen: wie erhalten wir die Erfahrung? Wie oft ist es nicht zu unserer eigenen Ueberraschung der Fall, dass die unmittelbare Netzhautempfindung sich gegen alle Erfahrung geltend macht? z. B. beim stereoskopischen Vereinigen von zwei Bildern, beim Doppeltsehen von erfah-

rungsmässig als einfach bekannten Dingen, beim einäugigen Blick auf ein gutes Gemälde, was uns zur Wahrnehmung einer grossen Tiefe zwingt. Die Erfahrung, die hier zur Erklärung herangezogen werden muss, bezieht sich nicht auf das häufige Sehen und Beurtheilen concreter Bilder, sondern ist genereller Natur und besteht in dem Gesetz, dass wir die Abnahme des Gesichtswinkels an ein und demselben Object proportional seiner Entfernung vom Auge setzen. Das Bild des Zwischenraums zwischen jenen Parallellinien verengt sich nach oben und unten, und wir schliessen daraus unbewusster aber nothwendiger Weise auf seine dem entsprechende Entfernung vom Auge. So bleibt der Begriff des Parallelismus trotz der bogenförmigen Krümmung der Bilder wohlerhalten.

Man muss gestehen: über Grössen- und Entfernungswahrnehmung existirt bei den Autoren der Ophthalmologie eine undurchdringliche Confusion, weil man trotz alles löblichen Bestrebens noch nicht auf die einfachen Elemente, aus denen jene Urtheile entspringen, gekommen ist. Ich glaube nicht zu irren, wenn ich als Hauptquellen der Confusion einmal den Umstand bezeichne, dass man ein Element, was oft und vielleicht immer einen gewissen Einfluss auf unser Entfernungs- und Grössenurtheil besitzt, z. B. die Muskelgefühle, zum alleinigen Factor erhoben hat; dann aber auch, dass man mit den Ausdrücken scheinbarer Grösse und Entfernung im Gegensatz zur wirklichen Grösse und Entfernung sich häufig verwirrt hat. Am unglücklichsten wirkt aber die der idealistischen Philosophie entsprungene Ansicht, dass die Zahl der empfindenden Retinaelemente für die Auffassung der Grösse entscheidend sei, sowie dass die Seele die kleinste ihr wahrnehmbare Distanz als Maasseinheit ihren Messungen zu Grunde lege. Hering, den wir in anderer Richtung allerdings vollkommen auf dem idealistischen Standpunkt verweilen sehen, hat doch die augenfälligen Widersprüche nachgewiesen, die sich als Consequenzen solcher Grössenmessungen ergeben. Er beweist gegen Volkmann, dass der Mariotte'sche Fleck keine Verkleinerung der Gesichtsobjecte bewirkt, da eine Linie ebenso lang erscheint, wenn sie mit beiden Enden über den blinden Fleck hinausragt, als wenn sie ihn gar nicht trifft. Volkmann hatte bekanntlich irrthümlich das Verschwinden des Endes einer geraden Linie, wenn jenes Ende auf den blinden

Fleck fällt, als Beweis dafür angeführt, dass die Zahl der empfindenden Retinaelemente die Grössenwahrnehmung bestimmen; mit Recht führt Hering auch an, dass darnach eine Zirkelspitzenentfernung von einer Elle auf der Rückenhaut ebenso gross erscheinen müsste, wie die von $^1/_2$ Zoll auf der Zungenspitze.

Hering kommt allerdings auch auf eine unglaubliche Art der Grössenschätzung vermittelst des Retinabildes.

. . . . . .

Fig. 5.

Er zeichnet zwei schwarze Punkte aufs Papier und darunter eine Reihe dichterstehende, deren Endpunkte auf beiden Seiten ebenso weit von einander entfernt sind, wie jene der ersten beiden. Dem einäugigen Blick erscheinen nun jene ersten Punkte nicht so weit von einander entfernt als die, zwischen denen sich die Reihe anderer befindet. Die Erklärung heisst nun: die beiden ersten Punkte stehen isolirt, es ist nichts zwischen ihnen und ihre Entfernung misst die Seele, indem sie den directen Abstand ihrer Retinabilder misst; da die retina krumm ist, so wird der directe Abstand der Sehne des zwischen ihnen verlaufenden Retinabogens entsprechen. Die gebrochene Entfernung der zweiten Reihe wird durch eine Reihe von solchen kleineren Bogensehnen gemessen, welche natürlich zusammengenommen eine grössere Länge haben, als jene einfache Sehne. Wenn die Gesichtsempfindung in der That an diese mathematische Construction gebunden wäre, so müsste die Täuschung über den Abstand der Endpunkte in der zweiten Reihe bezüglich zum Abstand der beiden obern Punkte ganz genau in demselben Maasse zunehmen, wie die Zahl der dichter stehenden Punkte in der zweiten Reihe sich vermehrt; ein graduirter Stab müsste immer viel länger erscheinen als ein einfacher, ein Bogen quarrirtes Papier müsste grösser als ein weisser, eine bedruckte Seite viel grösser als eine leere erscheinen. Es ist freilich wahr, dass

beim Blick mit einem Auge jene beiden Punkte der oberen Reihe näher als die gleich weit entfernten der zweiten Reihe zu stehen scheinen, beim Blick mit beiden Augen ist unser Urtheil schon richtiger, obwohl auch da noch die Neigung zu demselben Irrthum zu bemerken ist. Aber wenn man recht aufmerksam vergleicht, und namentlich der Strecke weissen Papieres, die zwischen den oberen Punkten liegt, seine Aufmerksamkeit zuwendet, so kann man auch mit einem Auge sich schliesslich doch ein richtiges Urtheil verschaffen. Das dürfte durchaus nicht möglich sein, wenn solche mathematische Regeln, wie Hering sie will, unserm Urtheil zu Grunde lägen. Vor allen Dingen müssen wir aber principiell dagegen protestiren, dass der geistigen Thätigkeit, in welcher das Sehen besteht, Begriffe und Methoden untergeschoben werden, welche niemals im Bewusstsein vorkommen. Unbewusster Weise geschehen allerdings die meisten Schlüsse, aus denen das Sehen besteht, aber wenn man die psychologischen Processe vorurtheilsfrei weiter verfolgt, so wird man finden, dass eigentlich alle Schlüsse unbewusst erfolgen, sofern wir sie nicht willkürlich ins Bewusstsein erheben, durch das Bewusstsein beleuchten. Es sind logische Gesetze, d. h. unwandelbare Naturgesetze, nach denen alles Schliessen erfolgt. Irrthum entsteht aus dem unrichtigen, nicht der Wirklichkeit entsprechenden Verhalten der Elemente, aus denen ein Schluss gezogen wird. Für das Sehen sind diese Elemente in der Empfindung der Netzhaut und der mit ihr in Zusammenhang stehenden Organe zu erkennen. Beleuchten wir diese mit unserm Bewusstsein, so können wir das Schlussverfahren des Sehactes erklären. Dass dies bisher noch nicht vollständig gelungen ist, liegt an der Schwierigkeit objectiver Selbstbeobachtung. Wir werden aber deswegen noch zum Ziele gelangen, weil jede geistige Thätigkeit von dem Momente an, wo der physikalische Process der Nervenerregung eine Empfindung wird, wo also die letzte uns erkennbare physische Wellenbewegung unvergleichbar mit ihrem Erfolge wird, ins Bewusstsein erhoben werden kann; es kommt nur darauf an, der einfachen Empfindung, als einem der Elemente eines Schlussverfahrens, ihre richtige Stellung unter den andern wie in Bezug auf das Endresultat anzuweisen. Alle Verfahrungsarten, die nicht ins Bewusstsein erhoben werden können,

wie jene mathematische Messung des Netzhautbildes, sind unbedingt keine wirklichen Elemente des Sehacts, sondern Erfindungen der Phantasie, ganz abgesehen von den thatsächlichen Unrichtigkeiten, zu denen, wie wir schon andeuteten, ihre Consequenzen führen.

Also das Messen von Bogensehnen der retina kann principiell nicht zugegeben werden. Jede Grössenmessung durch den Gesichtssinn geschieht im Bereich des Gesichtsfeldes, wobei wir niemals die Erfahrung machen, dass die retina eine krumme Fläche ist. Es führt überhaupt sehr leicht zu Irrthümern, wenn man in der Erläuterung des Sehactes vom Netzhautbilde spricht als dem Hauptelemente was in Betracht zu ziehen sei. Denn nur die Netzhautempfindung kommt in dem geistigen Processe des Sehens vor, und diese ist ihrer Natur nach vor dem Auge im Sehfeld, nicht da, wo das Netzhautbild liegt. Jeder Reiz, der den Sehnerven von seiner Wurzel bis zu seinen peripherischen Endungen in der Netzhaut trifft, wird im Sehfeld empfunden. Es ist nicht nöthig, eine besondere geistige Thätigkeit anzunehmen, welche alle Empfindungen des Gesichtssinnes nach aussen versetzt, projicirt, denn es kommt uns niemals vor, dass ein Reiz dieses Sinnes innerhalb unseres Organismus etwa im Auge gefühlt würde. Es ist eben eine angeborne Einrichtung in der Sehsinnsubstanz, dass ihre Empfindungen ohne Ausnahme vor dem Auge liegen, wie die der andern Nerven in ihren peripherischen Enden. Eine bestimmte Entfernung, in welcher diese Empfindungen liegen, ist nicht mit angeboren, sondern der geistigen Thätigkeit überlassen zu bestimmen. Ueber die Regeln, nach welchen dieselbe dabei verfährt, wird gleich zu reden sein. Nebenbei bemerkt liegt hierin vollständig die Erklärung dafür, dass wir aufrecht sehen, obwohl das Netzhautbild umgekehrt steht. Müllers Erklärung, dass, wenn nur die Ordnung aller Gesichtsobjecte unter einander erhalten bleibt, die totale Umkehr aller ganz gleichgültig sein würde, reicht offenbar, wie Volkmann auch nachgewiesen hat, nicht aus. Das Netzhautbild liegt in umgekehrter Ordnung wie die Vorstellung von unserm Körper, die wir nicht allein durch den Gesichtssinn, sondern auch durch den Tastsinn und das Muskelgefühl erhalten, und dieser Widerspruch ist nicht durch die Müller'sche Erklärung ganz zu beseitigen. Alle Theorien

ferner, die die Wahrnehmung der aufrechten Ordnung der Gesichtsobjecte, sowie jede Orientirung im Raum erst durch Muskelthätigkeit, durch Bewegungen oder Bewegungstriebe erklären wollen, sind mindestens weitschweifiger und complicirter als die einfache Annahme, die sich aus der ungezwungenen Naturbeobachtung ergiebt, dass alle Netzhautempfindung im Sehfeld liegt, und zwar in der entgegengesetzten Ordnung der Netzhautelemente. Bekannt ist es, dass ein Druck auf eine peripherische Stelle der retina im Sehfeld auf der entgegengesetzten Seite als Phosphen empfunden wird. Erzeugen wir nun Druckfiguren über das ganze Sehfeld, so erscheint der Reiz jeder Retinastelle auf der ihr entgegengesetzten Stelle des Sehfeldes, ohne dass über die Entfernung dieses vom Auge schon etwas festzustehen brauchte. Denkt man sich von jeder Retinastelle eine Linie zu der Stelle gezogen, wo ihre Empfindung erscheint, so erhält man die Figur eines Doppelkegels mit kugelförmigen Basen, dessen Scheitel im Mittelpunkt der Pupille liegen würde. Während die Netzhaut der kleinern Kugelschale entspräche, ist das Sehfeld die andere ausserhalb des Auges von einer Grösse und Entfernung, die erst durch andere Momente bestimmt wird. Die Ordnung aller Punkte derselben untereinander wird selbstverständlich auf der einen Kugelschale, die umgekehrte wie auf der andern sein. Man kann experimentell sich sehr leicht von dieser Eigenschaft der retina, ihre subjectiven Lichterscheinungen auf einer Kugelschale vor dem Auge zu empfinden, überzeugen, wenn man die Aderfigur in grossem Umfange hervorruft. Dadurch, dass der Ursprung der Gefässe im Sehfeld nach aussen von der macula lutea erscheint, und die Gefässverzweigungen sich in gerade umgekehrter Ordnung wie auf der retina ausbreiten, hat man den handgreiflichsten Beweis, dass die Netzhautempfindungen unmittelbar in umgekehrter Ordnung erscheinen wie die gereizten Netzhautelemente; also wenn die Netzhautempfindung einen objectiven Inhalt hat, so wird diese umgekehrt geordnet sein wie die Netzhautbilder, ohne dass es einer physischen Projectionsthätigkeit bedürfte. Für einzelne Gesichtsobjecte liefert das Erscheinen der Doppelbilder im Scheinerschen Versuch denselben Beweis, dass jeder Netzhautstelle eine Stelle im Sehfeld als unabänderliches Attribut zusteht. Diese Stelle des Sehfeldes ist freilich nur insofern

ganz bestimmt, als sie auf einer Visirlinie, die durch den Mittelpunkt der Pupille geht, gelegen ist; wie weit sie auf dieser vom Auge entfernt erscheint, wird durch Momente bestimmt, die nun zu besprechen sind.

Ehe ich indessen auf unser Grössen- und Entfernungsurtheil im Sehact genauer eingehe, muss ich im Anschluss an das Vorhergehende, ob und wie überhaupt sich der Einfluss davon im Sehacte geltend macht, dass die Netzhaut eine gekrümmte Fläche ist, besprechen. Kann jemals auf Grund der Netzhautkrümmung in der Empfindung die Wahrnehmung der Tiefendimensionen hervorgerufen werden? ich behaupte nein, niemals. Es wäre durchaus verkehrt, wenn man die Kugelschalenform der subjectiven Sehfelder, in der z. B. die Aderfigur erscheint, motivirt halten wollte durch die krumme Gestalt der Netzhaut. Diese Form wird vollständig erklärt dadurch, das subjective Lichterscheinungen, so lange sie nicht mit objectiven Wahrnehmungen vermischt und verbunden werden, uns keine Veranlassung geben, sie in ungleicher Entfernung vorzustellen. Alle gleichzeitig gesehenen erscheinen daher in derselben Entfernung vom Auge, d. h. vom Mittelpunkte der Pupille, in dem sich die Verbindungslinien mit den Netzhautelementen schneiden, also auf einer kugelförmigen Fläche. Denn die Veranlassung, einzelne Dinge in verschiedener Entfernung zu sehen, sie mag sein, welche sie will, kann im Allgemeinen immer nur in der Wahrnehmung objectiver Gesichtseindrücke begründet liegen. Man kann wohl sämmtliche subjective Lichterscheinungen, z. B. die ganze Schale, auf der die Aderfigur liegt, bald in grösserer, bald in geringerer Entfernung vorstellen, aber so lange man sie als ein zusammenhängendes Bild betrachtet, wird man nicht einzelne Theile desselben in anderer Entfernung sehen wie andere.

Für objective Wahrnehmungen lässt sich aber experimentell sowohl wie durch pathologische Erfahrungen feststellen, dass die Anordnung der Netzhautelemente in einer krummen Fläche keine Veranlassung zur Auffassung der Tiefendimensionen giebt; aus denselben Thatsachen geht aber auch hervor, dass eine Aenderung in der Lage der Netzhauttheile keine Aenderung im Tiefenurtheil macht, wohl aber eine Aenderung in der perspectivischen Formauffassung; so dass

schliesslich klar wird, dass gerade die Ausbreitung der Netzhaut in Kugelform, so arg dadurch die Netzhautbilder verzerrt werden mögen, dennoch nothwendig ist zur richtigen Erkenntniss der Formen.

Die Experimente, welche hier beweisen, sind sehr einfach. Man sehe durch ein Prisma, das von ebenen Flächen begrenzt ist, auf geradlinige Formen, z. B. auf die Häuser einer Strasse. Hält man die Basis des Prisma nach oben, unten, links oder rechts, so wird man dem entsprechend die horizontalen und vertikalen Linien nach oben, unten, links oder rechts gekrümmt sehen, ohne dass jemals die Vorstellung dadurch hervorgerufen würde, als krümmten sich diese Linien mit ihrer Concavität auf uns zu. Die Erklärung ist leicht. Würde das durch ein Prisma mit der Basis nach rechtshin abgelenkte Bild einer vertikalen Linie auf einer ebenen Fläche aufgefangen, so erschiene es einfach parallel mit seiner frühern Lage. Nun wird es aber von der gekrümmten Netzhautfläche aufgefangen; es bleibt mit seiner frühern Lage, die wir in der vertikalen Trennungslinie annehmen wollen, auch streng parallel, kann aber eben deshalb nicht auf einen grössern Kreis der Kugelfläche fallen, sondern muss als Tangente an einem grössern Kreis erscheinen. Vertikale Parallellinien, mit freiem Auge gesehen, fallen aber in grösste Kreise der Netzhaut; eine Tangente an einem solchen entfernt sich nach ihren Enden hin immer mehr vom grössten Kreise, also vom Bild paralleler Linien, d. h. sie erscheint gekrümmt. Das Netzhautbild wird in unserem Falle nach oben und unten mehr in die rechte Netzhauthälfte hineinragen, also einem Bogenbilde, das nach rechts hin gekrümmt wäre, entsprechen, folglich muss es in der Netzhautempfindung mit der Concavität nach links gekrümmt erscheinen.

Es sei in Figur 6 eine schematische Darstellung der kugeligen Netzhautfläche mit einer Eintheilung in grösste Kreise. Das Bild zweier Parallellinien würde auf zwei grösste Kreise fallen müssen. Wird aber das Bild einer vertikalen Linie a b, welches in der Trennungsmittellinie lag, durch ein Prisma seitlich abgelenkt, so erscheint es z. B. in a' b'; alle Punkte sind gleich weit von a b entfernt, aber die Enden entfernen sich nach Art einer Tangente an den Meridian von diesem. Es hat nicht mehr die Lage, die das Bild einer mit a b pa-

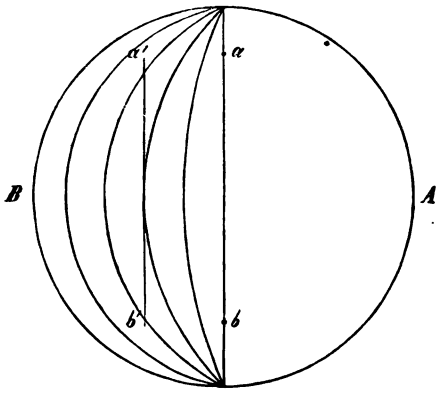


Fig. 6.

rallelen Linie haben würde, sondern die Lage einer Bogenlinie mit der Convexität nach der Trennungsmittellinie gekehrt. Im Sehfeld würde die Convexität also der Trennungsmittellinie abgewandt sein. Ist also B in der Figur rechts gelegen, so ist die Krümmung des Netzhautbildes mit der Convexität nach links und der Netzhautempfindung im Sehfeld nach rechts. Dem entspricht es ganz genau, dass ein Prisma mit der Basis rechts alle vertikalen Linien mit der Convexität rechtshin gebogen erscheinen lässt, und zwar um so stärker, je stärker das Prisma an Winkelgraden ist. Denn was sich von einer Linie zeigen lässt, gilt ebenso für alle; und nach demselben Gesetze, nach dem das Prisma die seitliche Krümmung vertikaler Linien hervorbringt, so bringt es Krümmungen nach oben und unten in horizontalen Linien hervor, wenn es mit der Basis nach oben oder unten vor ein Auge gehalten wird. Besonders wichtig für unsere Ansichten ist es aber, dass diese Krümmungen nie nach der Tiefendimension gerichtet sind, sondern stets in der Ebene, in welcher die Linien ohnehin liegen, erscheinen. Sollte einem Beobachter es dennoch zuweilen so vorkommen, als wenn auch nach der Tiefendimension die Biegung stattfände, so ist das jedesmal durch bestimmte Eigenthümlichkeiten der perspectivischen Verziehung zu erklären. Jedenfalls erscheint die Convexität der Krümmung in solchen Ausnahmefällen ebenso oft dem Auge zu wie abgekehrt, so dass der Einfluss der Netzhautkrümmung jedenfalls nicht die Ursache davon sein kann.

Die pathologischen Thatsachen, die hierher gehören, sind folgende: Förster in Breslau hat in seinen „ophthalmologischen Beiträgen“ (Berlin 1862) eine Krankheitsform beschrieben, deren Symptom eine Metamorphopsie war, und deren Wesen er in einer umschriebenen Schrumpfung und Zusammenziehung eines kleinen Theils der retina sieht. Die Störung im Sehvermögen seiner Kranken war dadurch charakterisirt, dass sie gerade Linien nahe bei dem fixirten Punkt eine Ausbuchtung machen sahen. Mehrere Parallellinien erschienen aber nicht gleichmässig nach derselben Seite ausgebuchtet, sondern ihre Krümmungsbogen wichen nach entgegengesetzten Seiten auseinander, so dass das beistehende Schema ungefähr dem Bilde entspricht, was diese Kranken von einer Zeichnung ge-

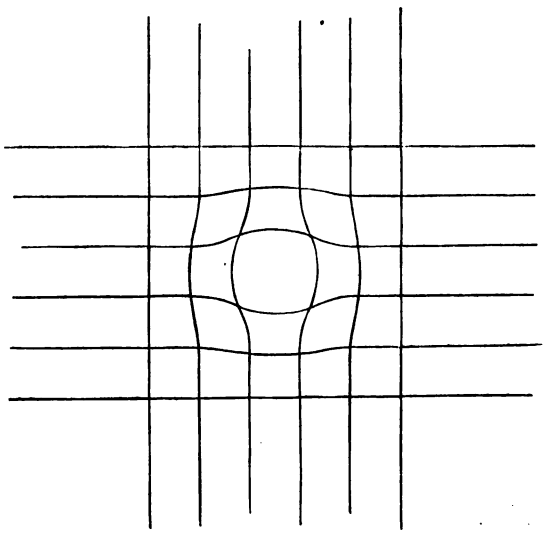


Fig. 7.

kreuzter Parallellinien erhielten. Man sieht, dass die Linien so verzerrt sind, wie ihr perpsectivisches Bild sein würde wenn sie über einen Hügel des Papiers hinüber oder in eine Vertiefung desselben hinabzusteigen hätten. Aber die Kranken gaben nicht an, dass die Linien die Blattebene zu verlassen schienen.

Die ophthalmoskopische Untersuchung liess ein Bild entdecken, was der Ursache der Gesichtsstörung offenbar ent-

sprach. Ein kleines schwarzes Fleckchen fand sich sehr nahe neben der macula lutea ohne vollständig scharfe Ränder, gegen die Umgebung nicht deutlich abstechend, in der Mitte heller, mehr grau. In der Umgegend der macula lutea fand sich häufig noch eine abnorme scheckig rothe Färbung. Dem Sitze nach entsprach dies Fleckchen genau dem Centrum der Krümmungen jener gesehenen Linien. Der Verlauf der Krankheit war der, dass sie entweder nach einigen Wochen wieder spurlos verschwand, oder nach monatelangem Bestehen trotz energisch fortgesetzter ableitender Behandlung mit einem umschriebenen Defect im Gesichtsfeld endigte.

Försters Deutung ist nun so: „Im normalen Auge wird eine Linie von der Gestalt wie Fig. 8, wenn sie im oberen Theil des Gesichtsfeldes liegt, sich auf der untern Netzhauthälfte wie Fig. 9 abbilden. Da eine gerade Linie hier (d. h. bei diesen Kranken) die Empfindung von Fig. 8 erregt hat, so müssen dieselben Netzhauttheile von dem geradlinigen Bilde getroffen worden sein, wie sie normaler Weise nur von einem wie Fig. 9 krummlinigen Bilde afficirt werden, es müssen also tiefer unten bei a a a gelegene empfindende Netzhauttheile hinauf in das Niveau von b b gerückt sein.“

Fig. 8.

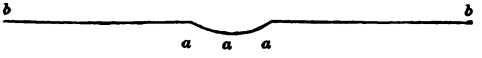


Fig. 9.

Er stellt demnach den Satz auf: „dass wenn einem kranken Auge zwei Parallellinien an einer Stelle in Curven auseinander zu weichen scheinen, in der That ein Zusammenrücken von Netzhautelementen stattgefunden hat.“ Ferner schliesst er, „dass ein Auseinanderweichen von Netzhauttheilen stattgefunden haben muss, wenn an solchen Parallellinien Krümmungen auftreten, die einander ihre Convexitäten zuwenden.“ Für letztere Behauptung finden sich nur noch nirgends Beobachtungen aus der Erfahrung. Es muss im Gegentheil sehr auffallen, dass wenn ein Zusammenrücken von Retinaelementen gegen einen Punkt hin stattgefunden hat, nicht in dessen weiterer Umgebung ein Auseinanderrücken stattgehabt haben sollte. Da das Centrum des Schrumpfungsprocesses nahe der macula lutea lag, so hätte die macula lutea selber in Folge dessen von dem Auseinanderrücken der Netzhautelemente be-

troffen werden müssen, jedenfalls mussten dabei noch so feinempfindende Netzhauttheile betroffen sein, dass sich die Folge davon in der Beobachtung von Parallellinien hätte konstatiren lassen müssen. Die Annahme eines Zusammenrückens der Elemente wird auch besonders dadurch unglaublich, dass die Affection bisweilen wieder geheilt ist und dann an demselben Auge später wieder aufgetreten. Es wäre doch eine seltsame Vorstellung, wenn man ein periodisches Hin- und Herwandern von Netzhautelementen annehmen sollte.

Dem gegenüber habe ich eine Beobachtung geltend zu machen, wo eine analoge Metamorphopsie durch die hügelförmige Erhebung der Netzhaut über einem Chorioidealexsudate bedingt war. Die Chorioidealveränderungen, die bisher in Folge von Syphilis beobachtet sind, charakterisirt von Gräfe*) als Chorioideitis disseminata. Sie äussert sich „durch zahlreiche umschriebene weisse mit rothen Säumen umgebene Fleckchen auf der Chorioidea und fängt vom hintern Polartheil des bulbus an;.... sie gewährt eine gute Prognose, da die meisten Flecken auf der Chorioidea kleine Exsudatmassen sind, welche vollkommen resorbirt werden können.“ Wenn indessen solche Exsudatmassen resorbirt sind, so bleiben an ihrer Stelle häufig atrophische Stellen zurück, die ohne Reizerscheinungen zu bedingen, den Kranken fast gar nicht stören, da sie zu unbedeutende Defecte im Gesichtsfeld veranlassen, die bekanntlich ebensogut durch das Urtheil ausgefüllt oder vernachlässigt werden, wie dies beim Mariotte'schen Fleck geschieht.**) Meine Beobachtung betrifft einen jungen gebildeten Mann, der an syphilitischer Angina und Psoriasis litt und auf dem linken Auge das Bild von Chorioiditis disseminata mit einer allgemeinen Trübung der retina darbot. Letztere hellte sich bald auf und das ophthalmoskopische Bild, was anfangs leicht verschleiert war, trat sehr deutlich hervor. Er hatte nur zwei kleine weisse sehnig glänzende Fleckchen in der Nähe der Sehnervenpapille, die ohne rothe Säume den Charakter atrophischer Stellen boten. Ausserdem aber war ein viel grösserer trüb weissgrauer Fleck nach aussen und etwas nach oben von der macula lutea, so

*) Med. Centralzeit. 27. Febr. 1858.

**) Arch. f. Ophth. II. 2, p. 272 v. Gräfe: Ueber die Unters. u. Gesichtsf. bei ambl. Aff.

dass ich seinen Ort nach dem neuen Liebreich'schen Schema
c —11 —9 ungefähr angeben kann. Der weisse Fleck war von
b einem sehr breiten gelbrothen Saume umgeben, und erst in dessen Umgebung schienen die Chorioidalgefässstämme zwischen Pigmentanhäufungen mit dunkelrother Farbe durch. In den übrigen Theilen des Augenhintergrundes waren keine Anomalien. Die Chorioiditis disseminata erscheint bekanntlich in Flecken von der allerverschiedensten Grösse und Anzahl, und in unserm Falle spricht ausser dem Bild des Allgemeinleidens das Aussehen der veränderten Stelle durchaus für ein noch zur Zeit der Untersuchung bestehendes Exsudat, was sich noch nicht zurückgebildet hatte, wohl aber hügelförmig die Netzhaut und wahrscheinlich die Chorioicapillaris mit ihr emporhob. Dem entsprach vor Allem der Verlauf eines Netzhautgefässes, was sich gegen das grauweisse Exsudat emporkrümmte. In der Mitte der Affection, wo das trübweisse Aussehen sich fand, waren beide Membranen wahrscheinlich schon zu Grunde gegangen.

Dem entsprach die Gesichtsstörung. Es fand sich ein umschriebener Defect nach innen und etwas unten vom fixirten Punkte von der Grösse einer Hand in c. 2 Fuss Distance. Ferner erschienen in dem kranken linken Auge alle Horizontallinien rechtshin nach aufwärts gekrümmt. Sie liessen sich nicht so weit wie gewöhnlich auf peripherische Theile des Gesichtsfeldes verfolgen, weil die Empfindlichkeit der retina im Allgemeinen etwas herabgesetzt war; doch war dies Aufwärtssteigen aller nach rechts gelegenen Objecte im Gesichtsfeld sehr deutlich zu konstatiren. Das linke Auge eines andern Gesichtes schien ihm höher wie das rechte zu stehen, die ganze Gesichtshälfte in diesem Sinne verzerrt, und in dem Momente, wo das gesunde Auge zugleich geöffnet wurde, zog sich Alles durch eine merkliche Bewegung zurecht, so dass beim gemeinschaftlichen Gebrauch beider Augen keine Störung war. Das Erscheinen gekrümmter Linien entsprach dem Ort im Gesichtsfelde nach dem breiten gelbröthlichen Saume um das Chorioidalexsudat, der sich bis in den untern äussern Quadranten der retina erstreckte. Das Exsudat hatte, wie schon aus dem ophthalmoskopischen Befunde wahrscheinlich war, die Netzhaut in grösserem Umfang emporgehoben rings um den weissgrauen Flecken, und der Effect davon

war, dass gerade Linien etwa in dieser Form auf der Netzhaut abgebildet wurden.

Fig. 10.

m macula lutea
e exsudat
f Umkreis der hügelförmigen Erhebung.

Die partielle Niveauveränderung der Netzhaut führte niemals eine Aenderung in dem Grössen, Entfernungs- oder Tiefenurtheil an den Gesichtsobjecten herbei, sondern machte sich nur im Verzerrt- und Verkrümmtsehen in der Ebene der Zeichnung geltend. Ganz dem entsprach es, dass der Kranke, wenn er selbst eine Horizontallinie nach der Führung des linken Auges zeichnen wollte, dieselbe immer nach abwärts sich krümmen liess; denn nach rechtshin abwärts gekrümmte Linien kamen ihm horizontal vor.

Natürlich ist nun die syphilitische Chorioideitis disseminata wohl zu unterscheiden von jenen Krankheitsfällen, die Förster als Schrumpfungsprocesse der retina deutet. Aber es ist durch Gräfe bekannt, dass die Chorioideitis disseminata nur in $^1/_3$ der Fälle etwa auf syphilis beruht, und dass die Exsudate, die sich hügelförmig in der Chorioidea bilden, die allerverschiedenste Grösse und Form annehmen können. Förster beschreibt selbst in derselben Schrift eine Form von Exsudativprocessen in der Chorioidea, die er wegen der grossen weissen Flecke, die sich bilden, Chorioiditis areolaris nennt, und für welche er durch Sectionsbefunde das Vorhandensein dicker knotenähnlicher Exsudate, die von den mittlern Schichten der Chorioidea ihren Ausgang nehmen, constatirt. Somit wird dann die Metamorphopsie, die Förster in Folge jener kleinen grauschwärzlichen Flecke nahe an der macula lutea beobachtete, viel einfacher gedeutet, wenn man auch dort kleine Exsudatknötchen annimmt, die resorbirt wurden, wenn die Affection heilte, sonst aber lange bestanden und zur Atrophie der über ihnen liegenden Retinaelemente führten. Es wird um so wahrscheinlicher, als es feststeht, dass abnorme Pigmentirungen sich fast zu allen Chorioidealveränderungen hinzugesellen. Die hügelförmige Erhebung der retina war es dann hier wie in meinem Falle, welche Krummsehen hervorbrachte, weil das Bild gerader Linien auf einem Theil der retina krumm entworfen wurde. Man kann somit immer die Meta-

morphopsie als Symptom für Netzhautablösung erklären, sei es dass dieselbe durch flüssiges oder festes Exsudat bedingt wird, wenn man die brechenden Medien normal findet.

Wenn aber exsudative Erhebungen der retina die Ursache sind, dass eine gerade Linie bogenförmig gesehen wird, so sind nicht solche Netzhautelemente vom Bilde getroffen, welche in der normalen Lage ein bogenförmiges Bild erhalten würden. Eine schematische Zeichnung macht das klar.

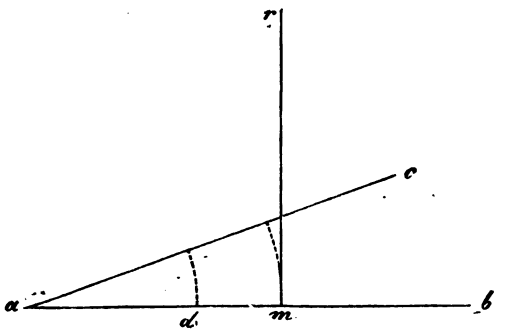


Fig. 11.

Es sei a b ein Theil der retina in der normalen Lage, r m der Richtungsstrahl eines Punktes von einer gesehenen geraden Linie. Wenn dieselbe Linie bogenförmig gekrümmt wäre, so würde ihr Bild in einem Punkte d zwischen a und m die retina treffen. Nun soll die Lage der retina durch eine exsudative Erhebung nach a c gerückt werden, wobei eine Dehnung aller Elemente nothwendig zu sein scheint; also keine Schrumpfung, wie Förster will. Der Strahl r m träfe dann die retina in einem Punkte, der etwas weiter von a oder ungefähr ebensoweit von a entfernt liegt wie m. Gleichwohl ist der Effect so, als wenn er in d auf die Retina in normaler Lage getroffen wäre. Das liegt also nur daran, dass die perspectivische Projection des ganzen Linienbildes auf die normal gelegene Retina-Fläche krumm verzogen wird. Wie in der Figur 7 die Biegungen der gekreuzten Linien als der perspectivische Ausdruck einer Vertiefung oder Erhöhung betrachtet werden konnten, so ist ihr Bild auf der retina dem entsprechend gestaltet. Darin liegt also der Beweis, dass nicht die einzelnen Retinaelemente in Beziehung auf ihre Orts- und Richtungsempfindung im Gehirn repräsentirt sind, dass keine constante unlösliche Verbindung zwischen den einzelnen Punkten der sogenannten centralen retina im Gehirn und den pheripherischen Endigungen der optischen Fasern in der wirklichen

retina existirt. Sondern vielmehr wird die Orts- und Richtungsempfindung der Lichteindrücke durch eine Lageveränderung der Retinaelemente verändert. Die perspectivische Projection der Objecte auf die Fläche der Netzhaut bekommt somit den bedeutendsten Einfluss auf die Wahrnehmung der Formen.

Die perspectivische Projection der Objecte auf die Netzhaut wird aber in dem Moment der Wahrnehmung in ihrer wahren Bedeutung aufgefasst, wo die Abnahme des Gesichtswinkels an den Theilen eines Objectes proportional ihrer Entfernung vom Auge erkannt wird. Das oben erwähnte Beispiel von zwei Parallellinien im Gesichtsfeld giebt die einfachste Erläuterung dazu. Sie werden dadurch als parallel erkannt, dass man die Annäherung an einander nach oben und unten im Sinne zunehmender Entfernung vom Auge auffasst. Die perspectivische Verziehung der Netzhautbilder beruht darauf, dass das Bild desselben Objectes sich in dem Maasse verkleinert, wie die Theile vom Auge zurücktreten; die Erkenntniss dieses Zusammenhangs ist die Deutung der perspectivischen Verziehung in der Wahrnehmung. Diese Deutung gehört also zu den ursprünglichsten Elementen aller Gesichtswahrnehmung. Fragt man noch weiter, wie zuerst dies eine Grundelement des Sehactes Eigenthum der Seele wird, so ist es schwer, eine endgültig entscheidende Antwort zu geben, weil dieser Grundsatz zu einer Zeit erworben wird, wo das Bewusstsein noch in den Anfängen der Entwicklung ruht, und späterhin niemals mehr Ausnahmen davon sich im Sehact geltend machen. Man könnte behaupten, dass wie das Kleinerwerden des Netzhautbildes nach seiner Peripherie durch die perspectivische Projection ein Naturgesetz ist, begründet in den physikalischen Eigenschaften des Lichts und des Auges, so sei es ein Naturgesetz der Seele, d. h. ein logisches Denkgesetz, diesen Schluss entsprechend der Natur immer machen zu müssen. Diese Annahme ist aber nicht nothwendig, wenn man erwägt, welchen Einfluss die Bewegung auf die ersten Wahrnehmungen des Gesichtssinnes ausübt. Das amblyopische Auge eines Erwachsenen erkennt einen bewegten Gegenstand noch leichter als einen ruhenden; wo uns in weiter Ferne die Unterscheidung kleiner Objecte unmöglich wird, erkennen wir noch das Wild im Laufe; wenn wir unsere

Aufmerksamkeit auf ein fixirtes Object gerichtet haben, so wird sie abgelenkt durch eine Bewegung in der Peripherie des Gesichtsfeldes. So hat ohne Zweifel die Bewegung der Objecte vor dem Auge den grössten Einfluss auf die Aufmerksamkeit des Kindes und verhilft ihm zu den ersten Eindrücken des Gesichtssinnes, die es auffasst. Bewegung aber ist, wenn sie nicht zufällig nur im Kreise um das Auge herum geschieht, eine Annäherung und Entfernung vom Auge abwechselnd. Die Vergrösserung und Verkleinerung des Gesichtswinkels, die dem entspricht, gehört also zu den ersten Erfahrungen, die das Kind im Sehen macht, und so könnte man auf diesem Wege auch erklären, dass die Abnahme des Gesichtswinkels proportional der Entfernung der Objecte durch die früheste Erfahrung als unabänderliches Gesetz für den Sehact gewonnen werde. Diese Erfahrung würde zuerst an der Bewegung ganzer Objecte im Allgemeinen gewonnen und allmählich mit der zunehmenden Unterscheidung einzelner kleinerer Dinge an den Theilen grösserer zusammenhängender Dinge gelernt. Das Betrachten eines Dinges von verschiedenen Seiten hat alsdann dieselbe Wirkung, wie ein Umdrehen des Dinges vor dem Auge. Jedesmal werden einzelne Theile entfernter und im Verhältniss dazu ihr Gesichtswinkel kleiner.

Dieser Grundsatz, dass mit der Entfernung vom Auge der Gesichtswinkel kleiner wird, ist eins der Grundelemente des Sehactes, und da er ebensowohl für das Sehen mit einem Auge wie für beide Augen gilt, so ist darin ausgesprochen, dass in der frühsten Thätigkeit des Gesichtssinnes sogleich die Wahrnehmung der Tiefendimension stattfindet, dass es undenkbar ist, dass ein Auge allein alle Dinge auf eine sogen. Projectionssphäre versetzt, wie Nagel es will. Subjective Lichterscheinungen werden deswegen auf eine Sphäre versetzt, weil in ihnen kein Grund liegt, sie in eine bestimmte Entfernung zu versetzen; sie erscheinen daher alle in gleicher Entfernung vom Auge. In jeder objectiven Gesichtswahrnehmung liegt aber, weil sie sich nach den Gesetzen der Körperwelt perspectivisch verzogen auf der Netzhaut abbildet, ein Zwang zur körperlichen Auffassung d. i. zur Wahrnehmung der Tiefendimension. Daher verschwinden auch die subjectiven Lichterscheinungen von jener Sphäre, sobald sie mit objectiven Wahrnehmungen kombinirt

werden. Sie erscheinen dann in derselben Entfernung mit den letzteren.

Es ist aber klar, dass man in der Erkenntniss jenes Grundelementes, dass Entfernung und Gesichtswinkel in der Wahrnehmung von einander abhängen, noch durchaus keinen Anhalt zur Erkenntniss der wirklichen oder scheinbaren Entfernung oder der wirklichen oder scheinbaren Grösse eines Objectes besitzt. Will man überhaupt zwischen unserem Urtheil über die wirkliche und scheinbare Grösse unterscheiden, so muss man sich sehr hüten, unter scheinbarer Grösse etwa eine irrthümlich beurtheilte Grösse zu verstehen. Der Irrthum fand eben im Urtheil über die wirkliche Grösse statt und diese schien uns anders als sie wirklich war. Einen Sinn hat die Unterscheidung nur, wenn man scheinbare Grösse und Gesichtswinkel oder Bildgrösse als dasselbe auffasst, und dann thut man des Verständnisses halber gewiss besser, den einfachen Ausdruck Gesichtswinkel allein zu gebrauchen. Darunter ist kein mathematischer Begriff zu verstehen, sondern nichts als die Grösse der reinen Netzhautempfindung, soweit sie durch den Winkel der Visirlinien gemessen wird. Im Sehact findet die Messung nur dadurch statt, dass ein Bild das andere ganz oder theilweise deckt und also ohne Rücksicht auf die Entfernung des gesehenen Objectes und seine körperliche Gestalt die Umrisse zweier Bilder verglichen werden. Diese Vergleichung hat unmittelbar nicht die Tendenz, unser Urtheil über die wirkliche Grösse zu leiten. Wir können in jedem Moment beide Urtheile freiwillig von einander trennen. Wenn ich durch einen Finger einen Thurm verdecke, so urtheile ich sehr bestimmt: das Bild des Fingers erscheint mir grösser als das des Thurmes. Aber längst hat jeder Gebrauch der Augen mich belehrt, dass dieses Urtheil keinen Einfluss auf die Erkenntniss der wirklichen Grösse beider Objecte haben darf. Redet man von Entfernungen, so kann der Ausdruck scheinbare Entfernung nur die irrthümlich beurtheilte wirkliche Entfernung bedeuten, und da es zweifelhaft bleibt, ob wir jemals eine Entfernung ganz genau richtig mit den Augen messen, so wird man jenen Ausdruck am besten ganz vermeiden.

Es ist also die Frage, wie kommen wir zur Erkenntniss wirklicher Entfernungen und Grössen? Ehe ich den hier heranzuziehenden Einfluss der Muskelgefühle erläutere, werde

ich noch in der Netzhautempfindung allein ein Element nachweisen, dem ein sehr bedeutender Einfluss zukommt. Obwohl wir oben die Erklärung Herings zurückgewiesen haben, dass die Seele die Länge einer Netzhautbogensehne messen könne, so bleibt die Beobachtung doch richtig, dass namentlich für das Einauge eine grosse Neigung da ist, die Entfernung zweier isolirter Punkte geringer zu schätzen, als diejenigen zweier eben so weit von einander abstehender Punkte zwischen denen sich eine Reihe anderer befindet. Die Täuschung ist nur nicht so nothwendig, wie sie nach der mathematischen Theorie sein müsste. Namentlich durch eine Beachtung des zwischenliegenden Papieres kann man zur richtigen Schätzung kommen. Die Entfernung zweier Sterne am Himmel zu schätzen ist schwieriger, als die zweier Punkte auf dem Papiere. Die Breite eines Landsees ist schwerer zu schätzen als die einer ebensobreiten Ebne mit Häusern und Gärten bedeckt. Die Entfernung eines Berges, von dem man nur die Spitze sieht, ist schwerer zu beurtheilen wie die eines Berges, dessen Erhebung man vom Fusspunkte bis zum Gipfel verfolgen kann. Ich habe einen Kranken mit progressiver Atrophie beider Sehnerven in meiner Klinik beobachtet, dem zeitweilig ein hellgrauer Nebel alle Objecte so zu verschleiern schien, dass er in der Dämmerung nichts mehr erkannte ausser brennenden Flammen. Derselbe sah auf der Strasse nichts als die Gaslaternen und klagte vor allen Dingen, dass er von keiner Laterne annähernd die Entfernung erkennen könne; die fernsten hielt er oft für nahebei und oft die nächsten für fern. Diese Verwirrung, die dadurch im Ortssinn enstand, war ihm am störendsten. Aus eigner Erfahrung wird Jeder wissen, wie schwer die Entfernung eines Lichtes in der Dunkelheit zu taxiren ist, selbst wenn, wie auch bei jenem Kranken der Fall war, in der Thätigkeit der Augenmuskeln keine Anomalie vorhanden ist. Bei allen diesen Beobachtungen ist es nicht schwer, als den gemeinsamen Grund der Täuschung das Fehlen aller Gesichtsobjecte zwischen den zwei Punkten, deren Entfernung geschätzt werden soll, zu erkennen. Derselbe Mangel führt uns zu einem ungenügenden d. h. zu geringen Maass der Entfernung zwischen uns selbst und andern Dingen. Je mehr diskrete Netzhautempfindungen d. h. unterscheidbare Objecte zwischen uns und einem entfernten Punkte liegen,

desto mehr nähert sich unsre Entfernungsschätzung für diesen der Wahrheit. Am allergünstigsten sind für unser Urtheil die Verhältnisse, wenn eine kontinuirliche Reihe gleich grosser Objecte, an welchen wir die gesetzmässige Verkleinerung des Gesichtswinkels mit der zunehmenden Entfernung wahrnehmen, sich zwischen uns und dem fixirten Punkte befindet. Bei bedeutenden Entfernungen z. B. wenn wir von einer Höhe herab über eine ebene Fläche fortsehen und die Entfernung eines Berges jenseits der Ebene schätzen wollen, so ist es unvortheilhaft, wenn diese Ebene oder ein grosser Theil derselben aus einem Wasserspiegel besteht, der in seiner ganzen Breite dem Auge keine Abwechslung bietet; den Mangel an diskreten Bildern auf ihm, d. h. an Hülfsmitteln für die Entfernungsschätzung, lässt unser Urtheil zu klein gerathen, hinten der wirklichen Entfernung zurückkleiben. Liegen dagegen in der Ebene Dörfer in Zwischenräumen mit Baumgruppen und hervorragenden Gebäuden vermischt, so wird man ihre Bilder in kontinuirlicher Folge mit der zunehmenden Entfernung kleiner werden sehen und so eine viel genauere Vorstellung von der Ausdehnung, folglich auch von der Entfernung des Berges jenseits der Ebene bekommen. Wo uns vollends so sehr jeder Anhalt zur Entfernungsschätzung fehlt, wie bei den Himmelskörpern, weil nicht ein einziges diskretes Bild zwischen ihnen und unserm Auge liegt, fällt die Entfernungsschätzung grossartig ungenau aus. Dies zeigt sich darin, dass sie uns so viel kleiner erscheinen als sie wirklich sind. Hätten wir Anhaltspunkte, um die Entfernung etwas richtiger zu schätzen, so würde die Verkleinerung ihres Gesichtswinkels uns im Verhältniss dazu begründet erscheinen, also würden wir ihre wirkliche Grösse trotz der kleinen Bilder richtiger schätzen. Das geschieht, wenn Mond oder Sonne dicht über dem Horizonte stehen, so das alle Bilder der Erde bis zum Horizonte hin zwischen uns und ihnen zu liegen scheinen. Wir können sie nun wenigstens für so gross halten wie ein Object von derselben Bildgrösse in der Entfernung einiger Meilen erscheinen würde. Das ist wenigstens eine kleine Annäherung an das richtige Urtheil im Vergleich zu der gänzlich irrthümlichen Beurtheilung, wenn sie nahe dem Zenith stehen, weil dort alle Anhaltspunkte zur Entfernungsschätzung fehlen. Die Erklärung, die man meistens bis jetzt gegeben hat für das

Grössererscheinen der Himmelskörper über dem Horizont, basirt auf einer in unserer Seele angeblich vorhandenen Vorstellung, dass das Himmelsgewölbe eine plattgedrückte Kugelschale sei. Wo diese Vorstellung existirt, kann sie nur durch dieselben Gründe in den Elementen der Entfernungsschätzung entstanden sein, und darf nicht als nächste Ursache angeführt werden, weil Vorstellungen und Erfahrungen so konkreter Natur auf den Sehact überhaupt nicht influiren.

Aus diesen Thatsachen geht noch folgendes hervor: Unser Urtheil über die Grösse der Objecte ist abhängig von dem Urtheil über ihre Entfernung; der Grundsatz, dass Bildgrösse und Entfernung einander genau entsprechen, verschafft uns die Erkenntniss der Grösse eines Objectes, wenn wir seine Entfernung kennen. Aber unser Urtheil über die Entfernung ist nicht durch die Grösse der Bilder bedingt, sondern durch die Menge der diskreten Bilder zwischen uns und dem gesehenen Object. Schlagender wie an den Himmelskörpern, für deren Grössen und Entfernungsschätzung unsere unbewaffneten Sinnesorgane überhaupt nicht ausreichen, zeigt sich das in Gesichtstäuschungen über die Entfernung und Grösse bekannter Objecte. Wer z. B. in einem Thale sich befindet, dessen Dimensionen er noch nicht durch Gewohnheit schätzen gelernt hat, wird sich des Eindruckes nicht erwehren können, dass erwachsene Menschen am gegenüberliegenden Berghang ihm überraschend klein erscheinen. Untersuchen wir den Grund davon, so ist es die Unfähigkeit, die Weite des Thales, die Entfernung zwischen ihm und den Menschen richtig zu taxiren. Die Kleinheit der Bilder erscheint zu klein im Verhältniss zur zu klein geschätzten Entfernung. Ist die Entfernung ihm durch Gewohnheit und Uebung klar und geläufig geworden, so verliert sich der Eindruck des Zukleinsehens, obwohl die Bildgrösse sich um nichts geändert hat. Umgekehrt kommt uns ein bekanntes Ding z. B. ein sehr bekannter Mensch zu gross vor, wenn er uns im Nebel begegnet aus dem Grunde, weil trübe Luftschichten uns im Allgemeinen ein Merkmal für grössere Entfernungen sind und nun die Bildgrösse im Verhältniss zu der zu gross beurtheilten Entfernung zu gross ist. Beispiele, welche diesen Hergang der Täuschung erläutern, liessen sich ins Unendliche häufen. Ich will nur noch eins anführen, was mich früher sehr

oft beschäftigt hat. Ich denke, dass den meisten Lesern die Gegend von Frankfurt am Main bekannt sein wird. Dort fällt jedem Fremden auf, wenn er das hohe Mainufer über Sachsenhausen, den sogenannten Sachsenhäuser Berg besteigt, dass dabei das Taunusgebirge höher und höher sich zu erheben scheint, obwohl man sich offenbar weiter von ihm entfernt, Die Ursache wird auch jedem zunächst klar, da er findet, dass sie in dem Sichtbarwerden der Ebene zwischen Frankfurt und dem Gebirge liegt, mit verschiedenen Flecken, Dörfern und Burgen. Aber die Erklärung hörte ich doch meistens falsch so aussprechen, dass man in dem ganzen landschaftlichen Bilde nun die Breite der Ebene zur Höhe des Gebirges unwillkürlich hinzurechne. Das ist nicht der Fall, denn man ist sich sehr wohl bewusst, auf die Ebene hinunter zu blicken und erst jenseit derselben allmählich den Fuss des Gebirges ansteigen zu sehen. Die richtige Erklärung ist vielmehr die: unten vom Thale aus gesehen erscheinen die Bergesgipfel viel näher als sie sind, weil sie unmittelbar über die nächsten Häuser, Bäume, Felder hervorragen und es daher dem Auge an den nöthigen Anhaltspunkten fehlt, ihre Entfernung richtig zu beurtheilen. Je mehr solcher Anhaltspunkte beim Sichtbarwerden der Ebene zwischen Stadt und Taunus erscheinen, desto weiter entfernt erscheint uns das Gebirge. Im Vergleich zur wirklichen Entfernung ist der kleine Weg auf den Sachsenhäuser Berg so unbedeutend, dass die Bildhöhe der Berge oben gesehen fast ganz dieselbe ist wie unten bei der Stadt. Ein Ding aber, von gleichem Gesichtswinkel in grösserer Entfernung vorgestellt, muss grösser erscheinen, gerade wie die Sonne dicht über dem Horizont.

Ueber den Einfluss der Muskeln auf den Sehact.

An dem Gesammteinfluss der Muskeln auf den Sehact muss man unterscheiden zwischen dem Einfluss der Bewegung und dem Einfluss des Muskelgefühls. Die Bewegung des Auges, mag sie auch von den feinsten Muskelempfindungen begleitet sein, wird sich zunächst durch die Empfindung der Netzhaut im Sehact bemerklich machen. Es darf wohl nicht bezweifelt werden, dass unter normalen Verhältnissen die Richtung, in welcher ein fixirtes Object vor uns erscheint, durch die Be-

wegung und Einrichtung der Sehachsen erkannt wird. Allein diese Bewegung wird unternommen und vollendet nach den Antrieben und Bedürfnissen, welche von der retina aus auf den Willen wirken. Die Grösse der Bewegung wird bestimmt durch die Menge und Grösse der gesehenen Objecte über welche die macula lutea hingeführt wird. Dieser von Volkmann ausgeführten Ansicht steht eine andere gegenüber, wonach die Grösse der Bewegung durch die begleitenden Muskelgefühle bestimmt wird. Schon 1811 hat Steinbuch in seinen Beiträgen zur Physiologie der Sinne behauptet: die Netzhaut empfinde nicht das räumliche Nebeneinander der Objecte in den Bildern, sondern diese Perception werde durch die Contraction der Augenmuskeln vermittelt. Das Maass des Räumlichen in der Vorstellung sei durch das Maass der Muskelkontraction bestimmt; alle Theile der Netzhaut stehen in Beziehung zu verschiedenen Contractionsgraden der Augenmuskeln. Wundt kommt neuerdings zu völlig denselben Anschauungen durch seine Studien über die Muskelgefühle und die Grundlagen der Gesichtsempfindung.

Dieser Ansicht liegt die richtige Erkenntniss zu Grunde, dass das Netzhautbild nicht der ganze Inhalt der Gesichtsempfindung sein kann. Aber diesem Gesichtspunkte haben wir schon entsprochen, indem wir dargethan haben, dass die bewusste Gesichtsempfindung d. h. die Wahrnehmung in einem Schlusse besteht, infolge der Anregung durch die Reizung der Netzhaut. Wir gestatten auch der Bewegung des Auges den Einfluss, dass dadurch die Richtung des fixirten Objectes bestimmt wird und wir werden uns sogleich mit dem Einfluss beschäftigen, den wir auch den Muskelgefühlen zuschreiben. Aber dabei halten wir doch daran fest, dass die Netzhaut vorzugsweise dasjenige Organ ist, was die feinsten räumlichen Unterscheidungen macht, viel präciser als sie je durch Muskelgefühle gemacht werden können. Johannes Müller entgegnet der Steinbuch'schen Hypothese, die Empfindungen nach der Kategorie des Raumes könnten nicht erst ausgebildet werden durch Empfindungen nach der Kategorie der Zeit. Selbst wenn die empirische Wissenschaft heute nicht mehr damit einverstanden wäre, die Kategorien des Raumes und der Zeit als angeborne Attribute des menschlichen Geistes zu betrachten, so würde doch dieser Einwurf begründet sein. Denn jene

Kategorien bleiben Attribute der Weltordnung, in die wir mit unserm geistigen Leben hineingehören und es bleibt ein Widerspruch, räumliche Anschauungen allein durch Bewegungsgefühle oder Bewegungstriebe gewinnen zu wollen. Das Charakteristische der räumlichen Empfindung ist das gleichzeitige Empfinden mehrerer Reize nebeneinander in bestimmter Ordnung. Hierfür ist die Netzhaut ganz vorzugsweise befähigt und oben bei der Betrachtung, wie wir zur Entfernungsmessung kommen, haben wir den bedeutenden Werth der gleichzeitigen Empfindung vieler diskreter Bilder kennen gelernt. Wenn man nur das Netzhautbild nicht als den ganzen Inhalt, sondern als den Anlass zur Empfindung betrachtet, so hat man gar keinen Grund mehr, die Wahrnehmung aller einzelnen Objecte im ganzen Gesichtsfeld auf dem Umwege durch Muskelgefühle zu erklären. Der Ortssinn der Netzhaut selber, d. h. die Fähigkeit in ihrer ganzen Ausdehnung gleichzeitig verschiedene Objecte aufzufassen, weist einem Jeden seinen Platz im Gesichtsfeld, d. i. seine Grösse, Entfernung und Richtung an, sobald einmal die Grösse, Entfernung und Richtung des fixirten in der Mitte gelegenen Objectes bestimmt ist.

Noch ein Beweggrund, welcher die Forscher zu den Muskelgefühlen flüchten liess, um die räumlichen Wahrnehmungen zu erklären, existirt für uns nicht, d. i. die umgekehrte Lage der Netzhautbilder, über die wir uns oben schon ausgesprochen haben. Die Netzhautempfindung ist von vornherein aufrecht und bedarf deswegen nicht erst der Bewegungen des Auges und der Bewegungstriebe, um aufrecht zu werden.

Am vollendetsten ist diese Theorie der räumlichen Wahrnehmung mit Hülfe der Bewegung und Muskelgefühle in der Entstehung des Sehfeldes nach Wundt ausgeführt. Freilich ist auch gerade diese Ausführung am genügendsten, um die Theorie als unhaltbar zu zeigen. Es soll danach die Ortsbestimmung aller Objecte im Raum ihren Anfang von der Ortsbestimmung einzelner Punkte nehmen. Ein leuchtender Punkt, der auf der Netzhautmitte sich abbildet, soll so lange fixirt werden, bis ein benachbarter leuchtender Punkt die Aufmerksamkeit überwiegend erregt, und die Bewegung der Sehachse bis zur Fixation dieses zweiten Punktes soll das erste Maass für die Entfernung beider Punkte von einander vermittelst des Muskelgefühls geben. Derselbe Hergang wiederholt sich

so lange, bis alle Punkte im Sehfeld durch ähnliche Bewegungen bestimmt sind. Uebung und Fertigkeit machen dann später die Bewegungen mehr und mehr entbehrlich und an ihrer Stelle dient die Erinnerung an frühere Bewegungen oder der Bewegungstrieb. So baut sich also die Wahrnehmung des ganzen Sehfeldes aus der Wahrnehmung einzelner Punkte auf. Das weiss ich nun schon nicht mit der jedenfalls richtigen Bemerkung, die Wundt früher gemacht hat, zusammenzubringen, dass die Entwicklung des Sehens beim Kinde von der Wahrnehmung gröberer Formen ausgeht, die sich allmählich zur Analyse der Einzelheiten verfeinert. Ferner lehrt die Beobachtung, dass Kinder schon viel früher Objecte fixiren und erkennen, ehe sie durch seitliche Eindrücke bewogen werden, eine Bewegung der Sehachsen nach der Seite zu machen. Selbst leuchtende Flammen muss man bei ganz kleinen Kindern so stellen, dass sie auf der Netzhautmitte sich abbilden, sonst werden sie nicht fixirt; und das ist zu einer Zeit, wo bereits die Sehachsen den fixirten Dingen folgen, wenn sich diese bewegen, ja sogar wenn schon Neugierde oder Freude am Sehen sich deutlich im Wesen des Kindes aussprechen. Vor allen Dingen spricht aber gegen diese Entstehung des Sehfeldes die Thatsache, die ich früher angeführt habe, dass wir nicht im Stande sind, die Entfernung zweier leuchtender Punkte zu bestimmen, wenn nicht zwischen ihnen eine Reihe anderer Bilder wahrgenommen wird. Die Muskelgefühle leisten demnach erfahrungsgemäss nicht das in der Entfernungsmessung, was die räumlich geordnete Netzhautempfindung leistet.

Wenn wir also bei dem Urtheil über eine bedeutende Entfernung oder Grösse die Augen über die zu messende Strecke hin und her bewegen und durch diese Bewegung Sicherheit des Urtheils erlangen, so entsteht diese Sicherheit nicht durch die Muskelgefühle, die die Bewegung begleiten, sondern dadurch, dass wir nacheinander alle zwischen den Endpunkten liegenden Objecte fixiren und so über ihre Form und Einzelentfernung deutlichere Anschauung bekommen.

Um nun über Muskelgefühl und den Einfluss desselben auf den Sehact zu reden, bedarf es vorher einer Verständigung über den Begriff desselben, der leider noch ein Gegenstand des Streites ist. Dass man die Contraction der Muskeln fühlen kann, wird wohl nicht bestritten; als directer Beweis dafür ist

es zu betrachten, dass wir im Stande sind, die Schwere von Gewichten zu messen, welche wir aufheben, sowie den Grad des Widerstandes gegen einen Druck. Dies Maass können wir nur aus dem Grad der Contraction unsrer Muskeln entnehmen. Es beruht auf einer richtigen Betrachtung, dass Wundt als quantitative und qualitative Muskelempfindung das Gefühl der Intensität der Contraction und das Gefühl vom Umfang der Bewegung unterscheidet. Allein zahlreiche neuere namentlich pathologische Erfahrungen und ganz besonders augenärztliche Erfahrungen drängen zur Annahme eines ganz andern Muskelgefühles. Schon sehr alte Beobachtungen liegen darüber vor, dass die Zweckmässigkeit aller Bewegungen nicht allein vom Bewusstsein beherrscht wird, sondern von der Integrität gewisser Bezirke im Centralnervensystem abhängig ist, so dass bei ungetrübtem Bewusstsein und wohlerhaltner Muskelkraft dennoch die Bewegungen entweder sehr unzweckmässig erfolgten oder gar nicht ausgeführt werden konnten. Dahin gehören die Drehbewegungen nach Durchschneidung des pons Varoli bei Thieren, die Drehkrankheit der Schafe bei Cysticerken im Gehirn, die schwankenden Bewegungen Trunkner, die bisweilen noch sehr klares Selbstbewusstsein zeigen, der bekannte Fall eines, wenn ich nicht irre, 11 Jahre gewordenen Mädchens*) dessen kleines Gehirn sich ausserordentlich verkümmert fand, und was bei einer sonst normalen Entwicklung nur einen höchst schwankenden Gang gehabt hatte; ferner alle somnambulen Zustände und ganz besonders die in der letzten Zeit mit neuem Eifer studirte tabes dorsualis. Es liegt für denjenigen, der diese physiologische Frage entscheiden will, gewiss ein sehr grosses Material bereit, was bisher in Form zusammenhangloser Thatsachen aufbewahrt ist und einer Bearbeitung harrt. Ich muss mich für meinen vorgesetzten Zweck aber auf die Andeutung der Hauptsachen, und eine Vermuthung, wie wahrscheinlich die Frage entschieden werden könnte, beschränken. Es scheint mir, dass alle angedeuteten Thatsachen zur Annahme eines Muskelgefühls drängen, was uns die Empfindung der intendirten Kraft giebt, welche wir auf eine Muskelkontraction verwenden wollen, selbst wenn diese gar nicht zur Ausführung kommt. Nur die Empfindung des Im-

*) Aus R. Wagners Vorlesungen.

pulses, welchen wir durch die Nerven auf die Muskeln einwirken lassen, kann eine Herrschaft über den Umfang und die Intensität der Bewegung bilden. Jede Empfindung der Muskelkontraction selbst ist Folge der Bewegung und deshalb selbstverständlich nicht direkt im Stande, diese zu bestimmen. Giebt es überhaupt ein Gefühl, was das Maass in den Bewegungen der Muskeln bestimmt, was die zweckmässige Ausführung überwacht, was das Gleichgewicht des ruhenden und bewegten Muskels erhält, so muss es der Bewegung selbst voraufgehen, es muss gleichsam über ihr stehen und kann nicht wieder von der Bewegung abhängig sein. Auf die Existenz eines solchen Muskelgefühles, das natürlich noch jeder exacten anatomischen Begründung entbehrt, zeigen besonders die genauen Beobachtungen Friedreich's über Atrophie der hintern Stränge des Rückenmarks in Virchow's Archiv XXVI hin. Diese Fälle, die sich dem klinischen Begriff der tabes dorsualis vollkommen anschliessen, sind nur deswegen hervorzuheben, weil sie in exacter Weise auf die Art der Störung der Muskelthätigkeit untersucht wurden. Es fand sich, wie auch schon anderweitig konstatirt war, im vorgeschrittnen Stadium der Krankheit eine Unfähigkeit zu jeder kombinirten Bewegung, während die Kraft jedes einzelnen Muskels sowie seine elektrische Erregbarkeit vollkommen erhalten war. Die Kranken konnten im Bette liegend kräftig die Schenkel beugen und strecken aber durchaus nicht mehr gehen und stehen. Sie konnten das Gleichgewicht im Stehen und Gehen nicht erhalten, mit der Hand nicht auf dem kürzesten Wege zum Munde gelangen. Schwindelgefühle zeigten sich bei den Meisten vom Beginn der Krankheit an, bei einigen als sehr hervorstechendes Symptom; Nystagmus ferner in der eigenthümlichen Form, dass bei zunehmender Intention zum Fixiren eines Objectes die Muskelschwankungen stärker wurden im Gegensatz zu dem gewöhnlichen Verhalten dieser Affection. Die Kranken konnten sämmtlich mit geschlossenen Augen die Lage und Stellung ihrer Extremitäten, deren Entfernung von einander, das Gewicht von in verschiedenem Grade belasteten Gegenständen in richtiger Weise beurtheilen. In einem frühern Stadium wurde das schwankende Stehen und Gehen durch die Controle des Gesichtssinnes sicherer, später war auch bei offenen Augen kein Gleichgewicht mehr zu erhalten;

dabei zeigte sich keine Störung im Bewusstsein sowenig wie in der absoluten Muskelkraft. Die Sensibilität der Haut war gut erhalten. Die Sprache zeigte sich meistens sehr gehindert, obwohl die Zunge in völlig normaler Weise vorgestreckt und zurückgezogen werden konnte. Es war also die Muskelkraft und die Empfindung der Contraction intact erhalten, was am schlagendsten durch die Erhaltung des Drucksinnes konstatirt wird. Aber es konnten keine kombinirten Bewegungen ausgeführt und kein Gleichgewicht erhalten werden, d. h. es fehlte diejenige Kraft, welche den Bewegungen das Maass vorschreibt und uns in den Stand setzt, das Maass der Anstrengung eines Muskels mit dem eines andern zu vergleichen. In diesen Fällen waren die Kranken offenbar nicht im Stande ihren Muskeln den Impuls zu geben, der ihren Zwecken entsprochen hätte, obwohl sie klares Bewusstsein und gute Muskelkraft besassen, und wie sie diesen Impuls nicht geben konnten, so hatten sie auch nicht die Empfindung davon, d. h. sie konnten nicht wie in normalen Verhältnissen durch die blosse Empfindung das Gleichgewicht in der Muskelthätigkeit erhalten. So lange noch eine Spur der Empfindung übrig war, konnten sie derselben durch den Gesichtssinn zu Hülfe kommen, wie ja auch der Gesichtssinn dem Tast- und andern Sinnen zu Hülfe kommen kann. Mit der vollkommenen Aufhebung jenes Gefühles aber hörte auch jede Möglichkeit der Gleichgewichtserhaltung auf. Das Verhalten des Nystagmus zeigt im Gegentheil, dass die Schwankungen im Gleichgewicht der Muskeln bei gesteigertem Bestreben nach Ruhe stärker wurden; das erklärt sich daraus, dass zur Ausführung einer kombinirten Bewegung, wie das Fixiren es ist, wo die Augenmuskeln sich gegenseitig das Gleichgewicht halten müssen, die Empfindung dieses Gleichgewichtes nothwendig ist, und natürlich macht sich der Mangel dieses Gefühls um so stärker geltend, je stärkere Anstrengung auf diese Bewegung verwandt wird.

Alle aufgezählten Erscheinungen lassen sich aus einer einfachen Ursache erklären, wenn man eine Empfindung des Bewegungsimpulses annimmt, den wir auf die Muskeln wirken lassen. Der Impuls geht der Ausführung der Bewegung voran und entspringt unmittelbar aus dem Streben nach einer zweckmässigen Bewegung. Wir sehen beim Kinde, dass die Kombination der einzelnen Muskelgruppen zu zweckmässigen Be-

wegungen nicht angeboren ist, sondern lange gelernt und geübt wird. Erwachsene Menschen bedienen sich offenbar sehr verschiedener Kombinationen, um denselben Zweck zu erreichen; das geht aus der grösseren oder geringeren Geschicklichkeit ihrer Bewegungen hervor, aus der grösseren oder geringeren Anmuth derselben. Dass das gewöhnliche Muskelgefühl es nicht sein kann, wodurch wir die Fertigkeit der kombinirten Bewegungen erlernen, geht daraus hervor, dass es erst Folge der Bewegungen ist. Aber das Gefühl des Impulses, der auf die einzelnen Muskeln verwandt wird, befähigt uns das Maass der Kraft für jeden erstrebten Zweck abmessen zu lernen und bei der Kombination von Muskelgruppen jedem einzelnen den zweckmässigsten Impuls zu geben, d. h. eine Vertheilung des Kraftmaasses auf alle einzelne Muskeln zu bewirken, wie sie dem erstrebten Zwecke am besten entspricht. Es ergiebt sich daraus der innige Zusammenhang zwischen der zweckmässigen Kombination von Muskelgruppen und der Erhaltung des Gleichgewichts zwischen ihnen. Die einfachste Störung in diesem Gefühl würde darin bestehen, dass entweder das Gefühl eines geringen Impulses sich mit einer zu grossen Bewegung verbindet, oder dass das Gefühl eines starken Impulses sich mit einer zu geringen Bewegung verbindet. Beides führt zu dem Symptom des Muskelschwindels. Der erste Fall tritt z. B. ein, wenn wir im Dunkeln eine Treppe hinaufgestiegen sind und in der Bewegung des Steigens fortfahren, während keine Stufe mehr da ist; während wir erwarteten, dass der eine Fuss eine Stufe höher auf den Widerstand des Bodens treffen würde, fährt er auf dasselbe Niveau mit dem andern unerwartet schnell hinunter und erschüttert unser Gleichgewichtsgefühl; ebenso ist es überall da, wo ein erwarteter Widerstand gegen unsere Bewegung unvermuthet verschwunden ist, und unser Schlag oder Stoss die Luft zertheilt, wobei wir leicht in ein allgemeines Schwanken gerathen. Der zweite Fall tritt bei jeder peripherischen Lähmung ein, wo die Nervenbahnen des Impulses zur Bewegung nicht unterbrochen, wohl aber die Contraction der Muskeln selbst gehindert ist. Aehnlich dem ersten Fall sind die Schwindelsymptome auch bei der spinalen Atrophie, wo das Gefühl der Bewegungsimpulse verringert ist und allmählich schwindet bei wohlerhaltener Muskelkraft.

Ob die Annahme dieses Impulses auf die Muskeln, der zugleich

empfunden wird, jetzt schon in Uebereinstimmung zu bringen ist mit unsern Kenntnissen der physikalischen Hergänge in den Nervenbahnen, das können wir vorläufig unberührt lassen. Ob es nöthig ist, dabei eine gleichzeitige centripale und centrifugale Bewegung anzunehmen, mag später entschieden werden. Aber auch vorher schon kann die Ueberzeugung von der Existenz einer solchen Kraft vollkommen berechtigt sein. Ebenso kann es der späteren Forschung überlassen bleiben, ob ein besonderer Bezirk in den Centralorganen des Nervensystems als Centralsitz dieses Gefühles angenommen werden muss; jedenfalls sprechen die anatomischen Befunde bei der Atrophie der Hinterstränge des Rückenmarks sehr dafür, und die Ansicht, die Professor Budge auf der Versammlung baltischer Aerzte in Greifswald am 28. Mai d. J. aussprach, die auch Professor Grohe, gestützt auf anderweitige anatomische Befunde im Kleinhirn bei Säufern, vertheidigte, dass im kleinen Gehirn das Centralorgan für das Gleichgewichtsgefühl zu suchen sei, ist sehr gut zu glauben. Allein die klinischen und physiologischen Beobachtungen allein geben uns Grund genug auch noch vor der anatomischen Entscheidung der Frage die Existenz dieses Gefühles aufrecht zu halten. Sollte man einwerfen, dass wir eines solchen Gefühles uns nie bewusst werden, während wir doch die Zusammenziehung eines Muskel bewusster Weise empfinden können, so ist dem zu entgegnen: wir fühlen die Zusammenziehung eines Muskels niemals als solche, so dass wir durch die Empfindung die Einsicht in die Muskelthätigkeit erhielten; wir fühlen dieselbe nur als einen bestimmten Zustand unserer Gliedmaassen und werden erst durch die Anatomie darüber belehrt, dass dieses Gefühl einem Contractionszustand der Muskeln entspricht. Wir haben schon einmal darauf hingewiesen, wie wenig unsere Empfindungen alle bewusst sein müssen, wie sogar die meiste geistige Thätigkeit ein unbewusstes Geschehen ist. Das Bewusstsein kann alle Empfindungen gleichsam erleuchten, aber während wir im gewöhnlichen Leben fast immer eine zahlreiche Menge von Bewegungen ausführen, die ohne eine gewisse Empfindung und geistige Anregung nicht erklärt werden können, ist das Bewusstsein in jedem Momente nur einem Punkte, einem Gedanken oder einer Empfindung zugekehrt, wenn es nicht gar vollständig schlummert.

Das in Rede stehende Gefühl des motorischen Impulses

auf die Muskeln bedarf einer Bezeichnung, um es von dem Begriff des Muskelgefühls, soweit man darunter das Contractionsgefühl versteht, zu unterscheiden. Der Ausdruck Gleichgewichtsgefühl ist mir nicht umfassend genug, und nur um vorläufig dem Bedürfniss der Verständigung nachzukommen, werde ich mich des Ausdrucks Muskelsinn dafür bedienen, ohne Rücksicht darauf, dass dieser Ausdruck auch schon für das Contractionsgefühl gebraucht worden ist. Die Ophtalmologen haben den Begriff dieses Muskelsinnes schon lange in ihre Anschauungen aufgenommen. Wenn z. B. Lotze die Lokalisation der Gesichtseindrücke im Gesichtsfeld von Bewegungstrieben in den Augenmuskeln herleitet, so ist das eigentlich derselbe Begriff, nämlich dass der Impuls zur Contraction der Augenmuskeln so deutlich empfunden werde, dass er den Inhalt der ganzen Gesichtsempfindung modificirt. Durch die Beschreibung der Gesichtstäuschungen bei Abducenslähmungen hat A. v. Gräfe es für die ophtalmiatrische Praxis zum Grundsatz erhoben, dass ein gelähmter Augenmuskel die Wahrnehmung des Gesichtsfeldes nach seiner Seite verschiebt. „Um nämlich dem Auge die erforderliche Stellung zu geben*)," sagt v. Gräfe, „muss der schwächer innervirte Abducens einen starken Contractionsimpuls empfangen, welcher für normale Verhältnisse der Innervation eine weit exkursivere Zusammenziehung des Muskels bewirken würde; es ist also dem Kranken gleichsam so zu Muthe, als richte er das Auge weit mehr nach aussen, als es wirklich der Fall ist, und demgemäss setzte er auch das ganze Gesichtsfeld viel mehr nach aussen von seinem Körper".

Es wird nun die Aufgabe sein, die Rolle, welche der Muskelsinn, der unter pathologischen Verhältnissen so bedeutende Störungen veranlasst, unter normalen Umständen im Sehact spielt, nachzuweisen. Nach unseren Ergebnissen über die Elemente des Sehactes, durch die wir zum Urtheil über die Richtung, Grösse und Entfernung der Objecte gelangen, und welche allein in der Empfindung der Netzhaut und ihrer Bewegung gefunden wurden, würde es ungereimt sein, ohne Weiteres von dem Muskelsinn als einem Element zu reden, wodurch ebenfalls unser Urtheil über die Grösse und Entfernung der Objecte bestimmt wird. Allerdings ist es bekanntlich experimentell konstatirt (H. Meyer, Wundt), dass der

*) Arch. f. O. I. 1. Abth. p. 18.

Convergenzwinkel der Augenachsen einen Einfluss auf unser Grössen- und Entfernungsurtheil besitzt, aber man würde sehr irren, wenn man diese Ursache zur alleinigen oder auch nur zur Hauptursache für dieses Urtheil erheben wollte. Es muss vielmehr die Art der Verbindung des Muskelsinnes, der natürlich alle Augenbewegungen begleiten muss, mit der Netzhautempfindung nachgewiesen werden. Diese Verbindung besteht zunächst darin, dass unter normalen Verhältnissen alle Bewegungen des Auges von Alterationen des Muskelsinnes begleitet werden, ebenso wie der Muskelsinn beim Stehen und Gehen und jeder zweckmässigen Bewegung das Gleichgewicht erhält. Es wird daher dem Sehen in grössere Ferne das Gefühl entsprechen, was im Bereich des Muskelsinnes einer zunehmenden Divergenz der Sehachsen und einer Drehung des vordern Poles nach oben entspricht; dagegen wird das Sehen näherer Gegenstände von dem Gefühl zunehmender Convergenz der Sehachsen und einer Drehung des vordern Poles nach unten in den meisten Fällen begleitet sein. Die Drehung des vordern Poles nach unten tritt nur in den seltneren Fällen nicht ein, wo der sich nähernde Gegenstand in gleicher Höhe mit unseren Augen bleibt. Das Urtheil über Entfernung und Grösse wird durch die Netzhautempfindung gewonnen, diese aber wird stets oder wenigstens in der grossen Mehrzahl aller Fälle von ganz bestimmten Empfindungen im Bereich des Muskelsinnes begleitet. Es ist also eine gewohnheitsmässige Verbindung beider. Wo nun die Netzhautempfindung so wenig klare Elemente enthält, dass kein sicherer Schluss gezogen werden kann, da wird der Muskelsinn eine Unterstützung des Urtheils bilden können. Das ist der Fall in den Experimenten von H. Meyer und Wundt über den Einfluss der Convergenzstellung der Sehachsen auf unser Grössen- und Entfernungsurtheil. Oder wo bei normaler Netzhautempfindung der Muskelsinn pervertirt ist durch ungewöhnliche Bewegungen der Augen oder durch pathologische Zustände der Muskeln, da macht er sich als Störung in demjenigen Urtheil geltend, was hauptsächlich durch die Netzhautempfindung gewonnen wird. Für jenen ersten Fall brauche ich als auf thatsächliche Belege wohl nur auf die angeführten Experimente, namentlich auf das Spiegelstereoskop von H. Meyer zu verweisen. Für den letzten Fall bedarf es wohl noch einiger beweisender Beispiele.

Wir haben oben gesehen, dass unser Urtheil über die Grösse von Objecten abhängig ist vom Urtheil über ihre Entfernung, nicht aber das Entfernungsurtheil von dem über die Grösse. Wenn wir daher ein Ding zu klein sehen, so kommt das, weil sein Gesichtswinkel im Verhältniss zu der Entfernung, in welcher wir es schätzen, uns zu klein erscheint; sehen wir es zu gross, so ist es deswegen, weil der Gesichtswinkel uns zu gross im Verhältniss zu der Entfernung scheint. Die Augenbewegungen dienen zunächst dazu, die Augen für verschiedene Entfernungen einzurichten. Also begleiten die Gefühle des Muskelsinnes auch zunächst nur solche Veränderungen der Wahrnehmung, die sich auf veränderte Entfernungsurtheile beziehen, schliesst sich daran ein verändertes Grössenurtheil an, so ist dies sekundär von dem über die Entfernung abhängig. In der unendlichen Mehrzahl der Fälle schätzen wir nur die Grösse und Entfernung desjenigen Dinges, auf das unsre Sehachsen eingerichtet sind, wobei dann der Muskelsinn in Harmonie mit der Netzhautempfindung beharrt. Anders ist es, wenn wir seitlich von der Sehachse gelegene Dinge beurtheilen wollen. Dann entsteht eine Disharmonie zwischen Muskelsinn und Netzhautempfindung. Z. B. fixire ich eine Kerzenflamme nahe vor dem Gesicht, so verschaffe ich mir ein richtiges Urtheil über ihre Entfernung und Grösse; richte ich dann plötzlich die Sehachsen in grössere Ferne, und beachte doch fortwährend die Flamme, so ist der Muskelsinn für eine bei Weitem geringere Convergenzstellung der Sehachsen angemessen, als die geringe Entfernung der Flamme forderte; es ist also nicht nur die Netzhautempfindung pervertirt, da die Flamme in Doppelbildern erscheint (wovon später), sondern durch den Muskelsinn ein Motiv gegeben, sie in grösserer Entfernung zu glauben. Da der Gesichtswinkel gleich geblieben ist, so erscheint er uns zu gross im Vergleich zu dieser Entfernung. Die Doppelbilder der Flamme scheinen in der That plötzlich sehr merklich gewachsen. Geht man allmählich wieder mit der Sehachsenstellung zur Fixation der Flamme über, so findet die auf den ersten Anschein unbegreifliche Thatsache statt, dass die Grösse der Flammenbilder sich ganz gleich bleibt bis zur Wiedervereinigung und dann zuletzt das Bild nur ebenso gross scheint wie zuerst, obgleich es sich doch bei der plötzlichen Aenderung der Achsenkonvergenz sehr merklich vergrössert hatte. Un-

begreiflich bleibt die Sache nicht mehr, wenn man den Einfluss des Muskelsinnes würdigt. Vollkommen analog ist die Erscheinung, dass die Doppelbilder bei konvergirendem Schielen kleiner erscheinen. Das Gefühl des Muskelsinnes entspricht dann einer geringeren Entfernung, als der Bildgrösse des betrachteten Objectes angemessen wäre.

Diese Beispiele und die mit ihnen übereinstimmende Ansicht über den Einfluss des Muskelsinnes auf den Sehact erklären auch die Experimente, die Hering gemacht hat, um etwas ganz anderes zu beweisen (l. c. p. 14). Er stellt sich einem Schrank gegenüber und bewegt seine Hand vor dem Gesicht von 8″ bis etwa 24″ Entfernung. Achtet er dabei leichthin auf den Schrank, während der Blick fest auf die Hand geheftet bleibt, so wird der Schrank deutlich grösser, während die Hand gleich gross bleibt; nähert er die Hand wieder dem Gesicht, so schrumpft jener wieder zusammen. Der Schluss, den Hering zieht, ist der, dass das fixirte Ding stets zum Maassstabe der Vergrösserung sämmtlicher Netzhautbilder gemacht wird. „Die Stärke der Vergrösserung des gesammten Netzhautbildes," sagt Hering, „ist im Allgemeinen von derjenigen abhängig, die ich nöthig habe, um das eben betrachtete Ding, z. B. die Hand, auf ihre mir längst bekannte Grösse zu bringen". Diese Schlussfolgerung ist mir zunächst sehr unklar geblieben, weil ich nicht begreife, wie man auf eine gleichmässige Vergrösserung aller Bilder daraus schliessen kann, dass die Hand gleich gross bleibt, während sich der Schrank vergrössert oder verkleinert. Dann aber giebt es zwei andere einfachere Erklärungen für den Versuch; einmal handelt es sich bei demselben nicht um die Grössenschätzung des Schrankes allein, sondern um den Vergleich zwischen Schrank und Hand, deren beider Grösse zu gleicher Zeit geschätzt werden soll. Da nun die Bildgrösse der Hand bei der Entfernung abnahm, die Bildgrösse des Schrankes aber zunahm, weil die Hand weniger von ihm verdeckte, so lag in der Netzhautempfindung allein ein Motiv zu der erwähnten Täuschung; zweitens aber kann der Muskelsinn, der sich mit der Entfernung der Hand für eine grössere Fernstellung anpasste, auch allein Motiv genug sein, um den Schrank, dessen Umrisse sich nicht vergrösserten, und der nicht fixirt wurde, als in einer grösseren Entfernung befindlich zu schätzen und deswegen grösser zu sehen. Es freut

mich überhaupt nachweisen zu können, dass doch auch bei Hering der Muskelsinn in normaler Weise den Sehact influirt und zwar gerade an den Experimenten, an welchen er beweisen will, dass die Augenstellung nicht auf unser Entfernungsurtheil Einfluss habe. Wenn Hering zwei ganz gleiche Bilder, z. B. zwei runde schwarze Flecke oder zwei Thalerstücke nebeneinander durch Kreuzung der Blickrichtungen d. i. durch konvergirendes Schielen vereinigte, so erschien das verschmolzene Bild ihm kleiner; vereinigte er beide Bilder durch Kreuzung der Gesichtslinien hinter denselben, durch Annäherung der Sehachsen an den Parallelismus, so schien das Sammelbild etwas näher zu liegen (l. c. p. 33) d. i. wohl etwas grösser zu sein. Die Ursache dieser Erscheinung liegt eben im Muskelsinn; das erste Mal ist die Augenstellung für eine sehr bedeutende Nähe, das zweite Mal für eine grössere Ferne gewählt und diese Stellung wird durch den Muskelsinn empfunden. Da aber der Gesichtswinkel der Objecte in beiden Fällen gleich blieb, so war er für die Nahestellung verhältnissmäsig zu klein, für die Fernstellung zu gross, und dem entsprach jedesmal Herings Grössenurtheil. Durch Wiederholung der Experimente kann sich jeder von der Richtigkeit der Thatsachen überzeugen. Es ist nur nothwendig, dass man über den Ausdruck Bewusstsein oder Empfindung der Augenstellung klar sei. Die Vorstellung von der Augenstellung und ihrer Aenderung spielt gar keine Rolle im Sehact, sondern wie die Bewegung unter normalen Verhältnissen nur ausgeführt wird, um neue Gesichtseindrücke zu erhalten und zwar um in verschiedene Entfernungen zu sehen, so ruft sie da, wo sie unter ungewöhnlichen Verhältnissen wie zum Zweck eines Experimentes ausgeführt wird, die Erwartung einer neuen Entfernungswahrnehmung hervor, d. h. sie ist ein Element im Schlussverfahren des Sehactes, sie giebt ein Motiv, in unser Urtheil die Wahrnehmung einer neuen Entfernung aufzunehmen, und wird folglich zum Motiv einer Gesichtstäuschung, wo diese Entfernung der Wirklichkeit nichtentspricht.

Meiner Erfahrung nach ist der Einfluss des Muskelsinnes auf das Entfernungs- und Grössenurtheil sehr deutlich an Nachbildern zu konstatiren. Dass unwillkürliche Bewegungen, mechanische Verschiebung oder Pendelschwingung der Augen nach einer heftigen Drehung des ganzen Körpers bei geschlossenen Lidern keinen Einfluss auf die Wahrnehmung eines

Nachbildes ausüben, hätte Hering kaum zu beweisen gebraucht, da bei solchen Bewegungen nicht von Muskelspannungen und Muskelgefühl irgendwie die Rede sein kann. Aber ich kann nicht begreifen, mit welcher Sicherheit (l. c. p. 136) Hering den Irrthum der physiologischen Lehrbücher berichtigen will, dass bei einer Zunahme der Convergenz der Sehachsen sowie Akkommodation für die Nähe ein Nachbild näher und kleiner zu werden scheint. Er hat sich Nachbilder hervorgerufen und dann bei geschlossenen Augenlidern die betreffenden Bewegungen ausgeführt und dabei keine Veränderung der Nachbilder bemerkt. Ich bin bei geschlossenen Augenlidern nicht so sehr Herr über die Akkommodationsbewegungen wie Hering es von sich behauptet, und kann daher seine Beobachtung nicht widerlegen. Es mag sein, dass der Lidschluss, durch den man die Wahrnehmung von der Aussenwelt vollkommen ausschliesst, den Einfluss, den die Bewegungen des Auges sonst unter normalen Verhältnissen auf die Wahrnehmung haben, paralysirt, aber das beweist nicht, dass jener Satz der Lehrbücher ein Irrthum ist. Er wird im Gegentheil bestätigt durch die unzweifelhafte Beobachtung, dass ein doppeläugiges Nachbild im vollständig verdunkelten Zimmer entschieden kleiner zu werden und näher zu kommen scheint, wenn man die Sehachsen energisch konvergent stellt und für die Nähe akkommodirt. Es fällt mir nicht ein, in Abrede zu stellen, dass die Combination eines Nachbildes mit einer Wahrnehmung von aussen auf dessen scheinbare Grösse auch von bedeutendem Einfluss sein muss. Projicire ich das Nachbild einer Kerzenflamme auf eine Wand von bedeutender mir bekannter Entfernung, so erscheint mir das Nachbild in derselben Entfernung, ebenso wie es mir sehr nahe erscheint, wenn ich es auf eine sehr nahe Fläche projicire. Da aber die Bildgrösse des Nachbildes unveränderlich bestimmt ist durch die Grösse des erregten Netzhauttheiles, so wird mein Urtheil über die wirkliche Grösse des Nachbildes durch das Verhältniss seiner Bildgrösse zu der Entfernung, in welche ich es versetze, bestimmt werden; folglich muss es um so grösser erscheinen, in je grössere Entfernung ich es durch die Combination mit anderen Wahrnehmungen versetze. Es verdeckt mir in der Entfernung eine grössere Menge von Dingen als nahebei, weil der Gesichtswinkel d. i. die Bildgrösse aller Objecte mit der Entfernung abnimmt.

Experimentirt man aber im vollständig dunklen Zimmer, so kann doch von einem Versetzen des Nachbildes in eine bestimmte Entfernung vermittelst der Combination mit anderen Wahrnehmungen nicht die Rede sein. Es zeigt sich da vielmehr der Einfluss des Muskelsinnes, von dem in den Lehrbüchern mit Recht die Rede ist. Eine vortreffliche Erläuterung zum Wesen des Muskelsinnes giebt eine Erscheinung, die vielfach Gegenstand der Besprechung unter bedeutenden Physiologen gewesen ist, und sich jetzt erst durch die richtige Würdigung des Muskelsinnes erklärt. Ich meine die Erscheinung, dass wenn man mit einem oder beiden Augen längere Zeit auf Objecte gesehen hat, welche sich in kontinuirlicher Reihe von der rechten zur linken oder von der linken zur rechten Seite bewegen, und dann plötzlich auf ruhende Gegenstände blickt, dass dann diese in entgegengesetzter Richtung wie die vorhergesehenen fortzurücken scheinen, bis allmählich nach Verlauf einiger Sekunden und Minuten die Ruhe zurückkehrt. Am einfachsten ist diese Erfahrung z. B. an einem fliessenden Wasser zu machen, auf dessen Wellen man hinsieht. Unwillkürliche Bewegungen der Augen, wodurch man die Erscheinung wohl zu erklären versucht hat, treten dabei nicht ein. Wenigstens kann ich das mit einer solchen Sicherheit verneinen, wie man sie durch genaue objective Beobachtung an anderen mit blossen Augen erhalten kann. Jedenfalls sind die Schwankungen, die das Auge während des Gesichtsschwindels machen könnte, nicht gross genug und ihrer Art nach nicht geeignet, dieses kontinuirliche Fortrücken ruhender Gegenstände zu erklären. Dass die Erscheinung durch das Verweilen von Nachbildern der bewegten Objecte im Auge erklärt werden könne, glaube ich ebensowenig wie der neueste Autor, der über dieselbe geredet hat, J. J. Oppel (Pogg. Ann. Bd. 99, p. 504), aber ich bin nicht mit ihm einverstanden, wenn er der Ansicht ist, dass die Erscheinung nur durch einen Hergang im Gehirn ihre Begründung finden könne. Vielmehr deute ich sie so: Sehe ich auf die Wellen eines Wassers, die sich kontinuirlich von rechts nach links bewegen, so wird die Sehachse beider Augen durch die Wahrnehmung selbst beständig nach links hin abgelenkt; da diese Ablenkung aber nicht in meiner Absicht liegt, so bedarf ich einer erhöhten Innervation der rechtsgelegnen geraden Augenmuskeln, des linken inter-

nus und rechten abducens, um das Auge in der geraden Blickrichtung festzuhalten. Wenn ich dann plötzlich auf ruhende Dinge sehe, so ist diese erhöhte Innervation der Wahrnehmung nicht mehr angemessen, und so lange wie dieselbe andauert, findet der Gesichtsschwindel statt. Sie dauert aber um so länger, je länger sie beim Sehen auf die bewegten Objecte hervorgerufen war. Es mag dabei auch eine erhöhte Spannung und Contractionszustand der betreffenden Muskeln vorhanden sein, so weit derselbe bei ruhender geradaus gerichteter Augenstellung gedacht werden kann, aber wie bei einer Lähmung des abducens nicht das Spannungsgefühl, sondern das Gefühl des Impulses, zur Contraction, der Muskelsinn, den Schwindel hervorbrachte, so haben wir auch hier den Muskelsinn in dem Gefühl der gesteigerten Innervation der Muskeln zu suchen. Es ist dabei zu bemerken, dass in dem erwähnten Beispiel die erhöhte Innervation zu Stande kommt oder wenigstens zu Stande kommen kann, während die Muskeln eine Reihe kleiner Contractionen ausführen, die sich als nach rechts tendirende kleine Augenbewegungen äussern und sich ebenso oft wiederholen, als die Sehachsen nach linkshin gleichsam abgleiten, indem sie den Bildern der Wahrnehmung folgen. Je häufiger diese kleinen Contractionen einander gefolgt sind, desto länger dauert ihre kumulirte Wirkung bei fixirter Sehachse im darauf folgenden Gesichtsschwindel.

Vollkommen analog dem Gesichtsschwindel durch den Muskelsinn der äussern Augenmuskeln ist das Kleiner- und Fernersehen oder Grösser- und Nähersehen durch eine gesteigerte oder verringerte Erregung des Muskelsinnes im Akkommodationsmuskel. So lange die Anspannung der Akkommodation mit dem auf andre Weise gewonnenen Urtheil für Entfernung und Grösse harmonirt, kann die Existenz eines Akkommodationssinnes uns zweifelhaft sein, weil wir seinen Einfluss nicht verspüren. Wird aber diese Harmonie gestört, so macht sich der Akkommodationssinn störend im Grössen- und Entfernungsurtheil geltend. Bei nicht ganz vollkommenen Lähmungen der Akkommodation tritt, wie in den erwähnten Lähmungen des abducens, eine gesteigerte Tendenz zur Einrichtung des dioptrischen Apparates auf nahe Objecte ein; je mehr der erstrebte Effect ausbleibt, desto stärkere Impulse empfängt der Muskel. Der Effect ist: Kleiner- und Entfernter-

sehen aller Objecte in der Gegend des hinausgeschobenen Nahepunktes. Dies ist bei Oculomotoriuslähmungen bisweilen zu beobachten, besser bei Atropinisirung eines Auges (Förster) am besten bei einer Lähmung der Akkommodation mit vollkommen gutbeweglicher Iris, wie ich sie in Folge von diphteritis des Rachens im letzten Jahre neben andern Lähmungen öfter in Rostock beobachtet habe. Ein vorzügliches Beispiel ist auch das, was Panum von sich selbst berichtet, wie er im Aetherrausch ein Bild merkwürdig klein und fernwerdend gesehen habe. Der Aether lähmte offenbar in steigendem Maasse seinen Akkommodationsmuskel. Wenn man dagegen eine zu starke Conkavbrille aufsetzt, so wird man bei gesundem Akkommodationszustand genöthigt, für eine Distance die Akkommodation anzustrengen, in welcher man ohne Brille keine Anstrengung gewohnt war. Der Erfolg ist, dass man die Dinge um so mehr verkleinert und verhältnissmässig in die Ferne gerückt sieht, je mehr man mit der Fixation dem künstlich hinausgerückten Nahepunkt sich nähert. Z. B. korrigirt ein Conkavglas Nr. 14 meine Akkommodation für die Ferne sehr gut; da ich aber nicht gewohnt bin, Brillen zu tragen, so kann ich die Jägersche Schriftprobe Nr. 1 nicht durch Nr. 14 lesen, weil in der Entfernung, in welcher Nr. 1 gelesen werden muss, die Objecte sich zu sehr verkleinern, was sie in der Ferne gar nicht thun. Umgekehrt ist die Wirkung aufs Grössen- und Entfernungsurtheil, wenn in einer Distance, in welcher gewöhnlich eine Akkommodationsanstrengung gemacht wird, diese plötzlich überflüssig geworden ist, indem man ein Convexglas vorgeschoben hat. Die Wirkung ist das bekannte Zugrosssehen durch Convexbrillen, was sich in geeigneten Fällen durch Gewohnheit verliert.*)

Es giebt aber ein Moment aus dem Gebiet der reinen Netzhautempfindung, was selbst den gesteigerten krankhaft alterirten Muskelsinn beherrscht und keine Störung durch ihn gestattet. Das ist das Zusammenwirken beider Augen zu einer einzigen Wahrnehmung. Der Gesichtsschwindel durch den Muskeleinfluss wird entweder dadurch hervorgebracht, dass auf beiden Augen die sich entsprechenden auf derselben

*) Dem entspricht auch die Macropsie, die nach den neuesten Mittheilungen durch die Wirkung der Kalabarbohne entstehen soll.

Seite gelegenen Muskeln höher innervirt sind, oder dadurch, dass ein Auge allein davon betroffen wird, während es nicht mit dem andern vereinigt wirkt. Das Zusammenwirken beider Augen beseitigt alsdann die Störung, der gemeinschaftliche Sehact korrigirt die falsche Empfindung der einen Netzhaut. Schon beim stereoskopischen Sehen haben wir den bedeutenden Einfluss, den das Zusammenwirken beider Augen auf die Wahrnehmung ausübt, betrachtet; hier macht es sich wiederum in auffallender Weise geltend. Das beweist die Erfahrung. Ist der Abducens der rechten Seite gelähmt, so scheint bei verschlossnem linkem Auge das ganze Gesichtsfeld des rechten nach der Seite des gelähmten Muskels verschoben; öffnet sich das linke Auge, so erscheinen dem Kranken nicht, wie man erwarten sollte, Doppelbilder durch den ganzen Raum, sondern nur in dem Moment, wo beim Blick nach rechts hin konvergirendes Schielen eintritt. In dem ganzen übrigen Theil des Gesichtsfeldes, für welches beide Augen richtig eingestellt sind, erscheinen keine Doppelbilder, also die Lokalisation aller Objecte nach der rechten Seite, die das rechte Auge allein vorher ausführte, ist korrigirt durch den Einfluss des gemeinschaftlichen Sehactes. Ich kann mich dabei nicht erwehren, an jenen oben beschriebenen Fall von Choroiditis syphilitica zu denken, wo die verzerrten schiefaufsteigenden Bilder des einen Auges, sich in dem Momente zurecht zu ziehen schienen, wo das andre Auge mit geöffnet wurde. Sollte nicht der gemeinschaftliche Sehact auch hier die Gesichtsstörung des schwächer empfindenden Auges, die aus der Netzhautverschiebung entsprang, korrigirt haben?

Demgemäss werden wir weniger Beispiele für den Einfluss des Muskelsinnes finden, so lange der gemeinsame Sehact benutzt wird; dagegen ist in der Symptomatologie des Schielens ein reiches Gebiet für solche Erfahrungen. Wo der gemeinschaftliche Sehact aufgehoben ist, da kann die Wahrnehmung des einen Auges durch den Muskelsinn alterirt werden. v. Gräfe sagt, nachdem er die Projection der Doppelbilder vorher nach den Gesetzen der Congruenz der Netzhäute berechnet hat. „In der That ist nicht zu läugnen, dass sich gewisse Schwankungen in den Resultaten allein hiedurch erklären, im Allgemeinen aber sind, wenn beide Augen geöffnet werden, die Fehlerquellen doch nicht gross, da wegen der

synergischen Thätigkeit kein erhebliches Plus von Willenskraft während der associirten Bewegungen auf das eine Auge gerichtet werden kann. — Jedenfalls aber ist auf die genannten Umstände die grösste Achtung zu verwenden, wie überhaupt zu physiologischen Schlussfolgerungen sich nur wenige auserlesene Fälle eignen.“ Ich habe auch noch keineswegs alle einschlagenden Thatsachen durch exacte Beobachtungen erschöpft, doch ist es verlockend, eins hervorzuheben, was in der letzten Zeit öfter Gegenstand der Controverse war und auf unserm Wege, wie mir scheint, sehr gut entschieden werden kann. Ich meine die Thatsache, dass Doppelbilder, welche in verschiedener Höhe gesehen werden, in ungleicher Entfernung vom Beobachter sich zu befinden scheinen. Lege ich ein Prisma mit der Basis nach oben vor das rechte Auge und betrachte ein Object, z. B. ein Licht, vor mir, so erscheint dies in übereinanderstehenden Doppelbildern und zwar ist das untere durchs Prisma gesehene näher und kleiner. Die Veränderung ist die: der gemeinschaftliche Sehact ist aufgehoben und der rectus inferior mit dem obliquus superior, d. h. die Muskeln, welche den vordern Pol des Auges nach unten zu richten geeignet sind, empfangen erhöhte Contractionsimpulse, weil das Bestreben da ist, die macula lutea aufwärts zu bewegen, damit diese das durch das Prisma nach oben abgelenkte Bild empfange. Diese Muskeln dienen aber zusammen mit dem internus vorzugsweise um unsere Sehachsen, auf näher liegende Dinge zu richten; daher bewirkt ihre erhöhte Innervation ein Näherstehen des Objectes, und da dessen Gesichtswinkel inzwischen unverändert blieb, so erscheint er zu klein für diese Nähe; daher die Verkleinerung mit dem Näherrücken des Objectes. Umgekehrt halte ich das Prisma mit der Basis nach unten, so erscheint das durch dasselbe gesehene höhere Bild ferner und grösser als das des freien Auges. Es sind nur diejenigen Muskeln, welche das Auge für eine Fernstellung einzurichten gewohnt sind (bes. der rectus superior und obliquus inferior), stärker innervirt, und daher die Wirkung, dass das Object ferner und weil sein Gesichtswinkel für diese Entfernung zu gross ist, auch grösser erscheint. Der erste Fall ist vollkommen analog der Beobachtung von trochlearisparalysen, wie nach dem Gesagten sich jeder abnehmen kann. Dass ich Nagels Erklärung vermittelst

der jedem Auge zugehörigen Projectionssphären nicht adoptiren kann, geht daraus hervor, dass ich die Existenz solcher bereits oben in Abrede gestellt habe.

Ueber die Congruenz der Netzhäute.

Ein Punkt ist noch übrig zu behandeln, bevor wir unsere Theorie der Gesichtswahrnehmung abschliessen können, das ist die ungemeine Wichtigkeit, welche dem fixirten Object, der Empfindung der Netzhautmitte in Bezug auf das Orientiren im Raume zukommt. Ich habe oben erwähnt, dass die perspectivische Verziehung der Bilder die Veranlassung zur körperlichen Auffassung bildet, indem wir auf die einzelnen Objecte den Grundsatz anwenden, dass der Gesichtswinkel im Verhältniss zur Entfernung kleiner wird. Die Entfernung, um die sich es hier handelt, ist aber die der einzelnen Theile vom fixirten Punkt; er ist das Centrum, von welchem die perspectivische Verziehung nach allen Seiten ausgeht. Die Netzhaut ist allerdings in ihrem ganzen Umfang geeignet, dadurch dass sie unbegrenzt viele räumlich geordnete diskrete Eindrücke gleichzeitig empfindet, uns die Anschauung grosser räumlicher Ausdehnungen zu verschaffen. Aber sobald wir eine Einzelentfernung im vor uns liegendem Raume messen, um einen Maassstab für alle übrigen Entfernungen und Grössen zu gewinnen, so ist es immer ein Object, was mit der Netzhautmitte aufgefasst wird, dessen Entfernung zuerst erkannt wird. Eine Reihe diskreter Eindrücke auf peripherischen Netzhauttheilen gehört allerdings dazu, um ein sicheres Maass für die Entfernung zu bekommen, aber am Ende dieser Reihe steht allemal die Empfindung der macula lutea. Die macula lutea und ihre Empfindung ist also der Ausgangspunkt aller Orientirung im Raume, alles Abschätzens räumlicher Verhältnisse.

Diese hervorragende Wichtigkeit für den Sehact verdankt die macula lutea einmal ihrer Lage am hintern Pol des Auges, in Folge deren sie das Bild eines Objectes empfängt, auf welches die Sehachse bei der ungezwungensten Muskelthätigkeit eingestellt ist, dann aber besonders ihrer Bevorzugung in der Empfindungsschärfe, welche ja so evident anatomisch begründet ist. Es ist wohl behauptet worden, es bestehe ein

angeborener Reflexmechanismus zwischen der macula lutea und den Augenmuskeln in der Art, dass wenn ein Lichteindruck auf irgend einen Theil der retina falle, die Muskeln dadurch erregt würden, die Sehachse auf diesen Punkt zu richten. Diese Behauptung ist aber vom erwachsenen im Sehen geübten Menschen entlehnt, welcher allerdings dem Dinge, was er erkennen will, die macula lutea zuwendet. Aber dabei wirkt der Wille mit und es ist kein angeborener Reflex, der ihn zwingt zu dieser Bewegung. Im Gegentheil ist dieser Reflexmechanismus beim Kinde nicht zu bemerken. Oben schon hatte ich Gelegenheit, darauf hinzuweisen, dass ein Kind, was sehen lernt, seitlich von der Gesichtslinie gelegene Dinge, wenn sie auch noch so leuchtend sind, nicht beachtet. Man muss dieselben in die Richtung seiner Sehachse bringen, damit das Kind sie fixirt. Wenn ich oben darin eine Widerlegung der Wundt'schen Theorie von der Entstehung des Sehfeldes fand, so wird dadurch nun die Grundbehauptung, von der jene Theorie ausgegangen war, bestritten, dass Netzhautcentrum und die äusseren Augenmuskeln in einem angebornen Reflexmechanismus verbunden seien. Die Bevorzugung der macula lutea beruht lediglich in der Leichtigkeit, mit welcher sie auf die Objecte eingestellt werden kann und in ihrer hervorragenden Sensibilität. Ist in den Bewegungen der Muskeln aber ein Hinderniss für die leichte und bequeme Einstellung der macula lutea, so kann das Auge sich gewöhnen, einen peripherischen Netzhauttheil zum Centralpunkt aller räumlichen Schätzung zu erheben. Das beweisen pathologische Erfahrungen über Inkongruenz der Netzhäute, die von v. Gräfe und Alfred Gräfe gesammelt sind.

Zunächst habe ich aber noch nachzuweisen, dass aus der hervorragenden Rolle, welche die macula lutea im Sehact spielt, sich ganz von selbst die Eigenschaft beider Netzhäute, welche man ihre Congruenz nennt, ergiebt, sobald man ihnen überhaupt die Fähigkeit zugesteht, räumlich geordnete Eindrücke gleichzeitig nebeneinander aufzufassen. Gegen die Identitätstheorie habe ich mich oben auf das entschiedenste ausgesprochen, denn sie verlangt die anatomische Verbindung der korrespondirenden Netzhautstellen, sie verschmilzt das Doppelorgan des Auges, dessen Duplicität wir ganz bestimmte Vortheile im Sehact verdanken, zu einem einzigen

Organ, sie verlangt die Identität d. i. die angeboren identische Funktion zweier korrespondirenden Stellen, lauter Dinge, welche wir niemals zugeben können. Aber wenn zwei Organe, welche zur räumlichen Auffassung von Bildern bestimmt sind, zusammenwirken sollen, so versteht es sich von selbst, dass die Bilder beider Augen zusammenpassen müssen — entweder vollkommen oder doch so weit übereinstimmend dass sie zusammen eine einzige Vorstellung nach logischen Gesetzen erzeugen können. Da aber ein Punkt, die macula lutea in beiden Augen das Centrum aller Bilder aufnimmt, so werden die Theile der Netzhäute, welche eine gleiche Lage in Bezug auf die macula lutea haben, gleiche Funktionen in der Anschauung zu übernehmen haben, d. h. die Netzhäute werden durch die Funktion ihrer einzelnen Theile einander congruent. Eine schematische Zeichnung mag hier dem Verständniss zu Hülfe kommen. Es sei mir erlaubt, das ganze Gesichtsfeld eines Auges im Durchschnitt als eine Kreislinie darzustellen, deren Mittelpunkt der Mittelpunkt der Pupille ist. Es würde das der Durchschnitt einer Projectionssphäre nach Nagel sein; da ich indessen nachgewiesen habe, dass in den Anfängen des Sehactes sich bereits die Erkenntniss der Tiefendimension geltend macht, so wird man mich nicht missverstehen, wenn ich hier, wo es sich nicht um die Tiefenanschauung sondern nur um die Eigenschaft der Netzhaut handelt, welche in ihrer flächenhaften Ausbreitung begründet ist, zum Behuf der leichtern Darstellung die Figur einer Projectionssphäre geeignet halte.

Es sei I das rechte Auge:

S' f die Projectionssphäre desselben, d. i. der Inhalt seines ganzen Gesichtsfeldes auf eine Sphäre projicirt.

II das linke Auge:

S'' f Durchschnitt von dessen Projectionssphäre. f der fixirte Punkt, in welchem sich beide Sphären schneiden.

Der Kreis f I II soll durch den Fixirpunkt und den Mittelpunkt der Pupille (Kreuzungspunkt der Visirlinien) gezogen sein, beinahe dasselbe wie Müller's Horopterkreis, der bekanntlich durch die Knotenpunkte geht.

Alle Objecte a b c d e und f sollen jetzt nur in sofern berücksichtigt werden, als sie sich auf den Sphären S' und S'' projiciren würden, ohne Rücksicht auf ihre Entfernung vom

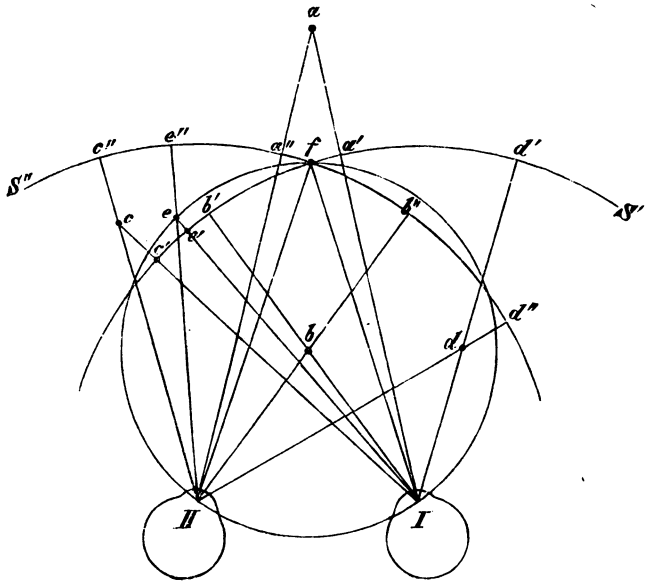


Fig. 12.

Auge und unser Urtheil darüber. Um das schematisch auszuführen, haben wir jeden gesehenen Punkt mit dem Mittelpunkt der Pupille und der Projectionssphäre jedes Auges durch eine gerade Linie entsprechend der Hauptstrahlrichtung zu verbinden. Die Bogenstücke, welche diese Linien auf den Projectionssphären, von f aus gemessen, abschneiden, sind die Norm, nach welcher zu bestimmen ist, ob ein Ding doppelt gesehen wird oder nicht.

Es ergiebt sich: Alle Dinge innerhalb des sogenannten parallaktischen Winkels wie a und b schneiden auf den Projectionssphären Bogen ab, welche von f aus nach den beiden entgegengesetzten Seiten liegen. Durch a erhalten wir fa' und fa''; a'' entsprechend dem linken Auge II liegt links von f, a' liegt rechts von f, d. i. a erscheint in gleichnamigen Doppelbildern. Von b erhalten wir die Bogen fb' und fb''; b'' liegt rechts von f, b' liegt links von f, also b erscheint in gekreuzten Doppelbildern.

Das Object c liegt jenseits des Kreises f I II, und liefert die Bogen fc'', fc'. fc' ist offenbar kleiner als fc'', d. h. c' liegt

weniger weit links von f als c'', also erscheint c in gleichnamigen Doppelbildern, das dem linken Auge II entsprechende c'' am weitesten nach links. Dasselbe lässt sich von allen Punkten ausserhalb des Horopterkreises beweisen; sie erscheinen alle in gleichnamigen Doppelbildern, wenn nicht die Sensibilität der Netzhaut die mathematische Rechnung modificirt.

Alle Punkte innerhalb des Kreises wie d liefern Bogen wie fd' und fd'', von denen offenbar fd'. wieder der kleinere ist. Das Bild des linken Auges d'' liegt weiter rechts von f als d', also erscheint d in gekreuzten Doppelbildern. Also alle Punkte innerhalb des Kreises erscheinen in gekreuzten Doppelbildern.

Endlich der Kreis I II f ist der geometrische Ort für alle Punkte, deren Projectionslinien auf den entsprechenden Sphären gleiche und nach derselben Seite von f gelegne Bogen abschneiden, also nicht in Doppelbildern erscheinen.

Die Bestätigung dieser Thatsachen kann durch Experimente leicht erhalten werden. Es ist nur nöthig, dass man eine solche Augenstellung wählt, in welcher die vertikalen Meridiane parallel sind. Doch will ich mich bei diesen Experimenten nicht aufhalten, weil die Thatsachen, insoweit sie durchs Experiment erhalten werden können, nicht aber erhalten werden müssen, von Niemand bestritten sind, und der Streit nur über die Motive des Doppelsehens herrscht. Wäre unsre Wahrnehmung in der That an jene mathematische Construction, die sich aus der Form und Lage der Netzhäute ergiebt, strenge gebunden, so könnten ausser dem fixirten Punkte nur diejenigen Punkte einfach erscheinen, welche auf der Horopterkreislinie bei paralleler Stellung der senkrechten Meridiane liegen. Da aber diese in der Mehrzahl der Augenstellungen nicht parallel sind, sondern nach oben oder unten mehr oder weniger konvergiren, so bleibt für solche Stellungen nur der Fixirpunkt und eine durch ihn gezogene senkrecht auf der Visirebene stehende Linie übrig als die einzigen einfach erscheinenden Objecte, jeder Punkt ausser denselben müsste doppelt erscheinen. Da wir nun aber bewiesen haben, dass unser Urtheil über Entfernung und Grösse der Objecte hauptsächlich durch die peripherischen Eindrücke der Netzhaut bestimmt wird, da wir ohne dieselbe überhaupt keine

Entfernung und Grösse richtig schätzen können, da wir ferner durch das Sehen mit zwei Augen in unserm Urtheil offenbar sicherer werden als mit einem Auge, und nicht etwa das doppeläugige Sehen unreinere Eindrücke giebt wie das einäugige, da wir ferner das Verschmelzen inkongruenter Bilder zu einer Wahrnehmung in der Stereoskopie kennen gelernt haben, so müssen wir schliessen, dass unser Urtheil nicht abhängig ist von jener mathematischen Grundlage. Hier erhält der an die Spitze unserer Arbeit gestellte Grundsatz seine Stütze, dass nämlich das Sehen ein logisches Schlussverfahren ist, aus den Elementen der sinnlichen Anregung. Die Empfindung der Netzhaut wird nicht ohne Weiteres zum Bewusstsein erhoben, um den vollendeten Inhalt einer Vorstellung zu bilden, sondern durch dieselbe veranlasst, schliessen wir nach logischen Gesetzen auf die Beschaffenheit der Gesichtsobjecte. So kommt es denn, dass der Physiologe, welcher die Verhältnisse, unter denen er experimentirt, so wählt, dass sie von allen gewohnten Verhältnissen abweichend ein logisches Urtheil möglichst erschweren, welcher mit Punkten und Linien anstatt mit Körpern experimentirt und sich mehr bemüht, jede Störung im einheitlichen Sehact zu beachten, als ein vernünftiges Urtheil vermittelst desselben zu erhalten, beinah überall Doppelbilder findet, während der gewöhnliche Mensch nicht einmal weiss, das er zuweilen auch Doppelbilder sehen kann.

Die Vereinigung incongruenter Bilder oder sehr incongruent gelegner Punkte zu einer Wahrnehmung hat allerdings ihre Grenzen, und die Uebung, auf Dinge zu achten, welche wir nicht fixiren, lehrt uns schnell die Wahrnehmung mancher Doppelbilder, von denen wir vorher nichts wussten. Ganz besonders hartnäckig widerstehen der Vereinigung die Bilder innerhalb des sogenannten parallaktischen Winkels, welche nach der obigen Construction auf beiden Projectionssphären Bogen nach entgegengesetzten Richtungen abschneiden. Beachtet man ein solches Object aufmerksam, so kann man deswegen kein einfaches Urtheil erhalten, weil es für das eine Auge rechts vom fixirten Punkte, für das andre links von demselben liegt und doch die Orientirung vom Fixirpunkt geleitet wird. Je weiter sich ein Object von den Schenkeln des parallaktischen Winkels entfernt, desto schwerer wird es selbst dem

geübten Experimentator, dasselbe in Doppelbildern aufzufassen Eine scharfe Grenze lässt sich durchaus nicht ziehen, theils weil die Perception auf den peripherischen Netzhauttheilen stumpfer wird, theils weil verschiedene Objecte die Netzhaut in verschiedenem Maasse erregen, und die Uebung im gesonderten Gebrauch der Augen eine sehr verschiedene Fertigkeit im Wahrnehmen von Doppelbildern erzeugen kann.

Ebenso giebt es auch eine Uebung, Doppelbilder, die sich vermöge der pervertirten Stellung der Netzhäute der Wahrnehmung aufdrängen müssten, nicht zu sehen. Wenn ein Individuum mit gesunden Augen plötzlich schielt, so erscheinen bekanntlich alle Objecte in Doppelbildern, weil alle sehr ungleiche Bogen auf den Projectionssphären abschneiden würden. Wird das Schielen Gewohnheit, so verlieren sich die Doppelbilder. v. Gräfe hat nachgewiesen, dass dies durch ein Unterdrücken des Bildes vom schielenden Auge geschieht Das Merkwürdige ist dabei, dass nicht einfach das schielende Auge vom Sehact ausgeschlossen wird, sondern dass nur der Netzhauttheil, welcher die Eindrücke des gemeinsamen Gesichtsfeldes zu vermitteln hätte, ausser Function gesetzt wird, während gleichzeitig der Netzhauttheil, der die seitlichen Eindrücke des einen Auges allein zu vermitteln hat, fortfährt zu empfinden. Die Amblyopie, welche dieser Functionshemmung allmählich folgt, erstreckt sich daher meistens nur mehr oder weniger auf die innere Parthie der Netzhaut mit Einschluss der macula lutea, welche ihre Prävalenz über die Nachbartheile ganz einbüssen kann. Ein sehr frappantes Beispiel für die partielle Unterdrückung der Netzhautfunction will ich hierher setzen. Ein junger Mann mit strabismus alternans internus sah wie gewöhnlich in solchen Fällen weder vor noch nach der Operation Doppelbilder. Fixirte er mit dem rechten Auge meinen Finger in c $1^1/_2$' distance, so schoss die Sehachse des linken noch nach der Operation in einem kleinen Winkel nach innen vorbei. Verdeckte ich nun das rechte Auge, so sah er mit dem linken Auge, was in unveränderter Stellung blieb, nur die Spitze meines emporgehaltenen Fingers, den übrigen Theil, so wie die Hand, nicht (oder wie er zuweilen sagte, äusserst undeutlich), den Arm aber wieder deutlich. Fixirte er mit dem linken Auge den Finger, so sah er Alles deutlich. Ganz dieselbe Erscheinung fand ich rechts, wenn ich umge-

kehrt zuerst das linke Auge fixiren liess und dann dasselbe verdeckte. Ich wollte bereits für beide Augen eine Amblyopie, die sich auf einen kleinen nach innen von der macula lutea gelegenen Theil beschränkte, diagnostisiren, als ich die Sehkraft eines Auges noch einmal für sich allein prüfte. War von vorn herein ein Auge geschlossen und wurde dann die Perception im ganzen Gesichtsfeld des andern Auges untersucht, so war keine amblyopische Stelle mehr zu finden. Auch war nichts Abnormes im Augenhintergrunde zu finden. Ich musste daher annehmen, dass nur während der Dauer des gemeinschaftlichen Sehactes jene partielle Amblyopie bestand und nur noch, wenn plötzlich ein Auge geschlossen wurde, eine Zeitlang fortbestand. Das Bestehen der Amblyopie heisst aber in diesem Falle nichts anderes als ein Unterbrechen der Nervenleitung in denjenigen Fasern, welche die störendsten Doppelbilder zu leiten hätten. In diesem Falle, wo nachweislich die Unterbrechung nur periodisch stattfand, hatte sie die Funktionstüchtigkeit der Netzhaut noch nicht beeinträchtigt. Dass aber durch ein andauerndes Bestehen derselben die Funktion leiden kann, ist nach demselben Gesetz begreiflich, nach welchem Nichtgebrauch eines Organes mit der Zeit zur Funktionsunfähigkeit führt. Wir haben aber an diesem Beispiel eine anschauliche Erläuterung, wie überhaupt die Bilder eines Auges unterdrückt werden können. Eine solche Unterdrückung einzelner Bilder des einen Auges mag auch häufig da vorgekommen sein, wo man glaubte, sehr unähnliche Bilder beider Augen stereoskopisch zu vereinigen. Aber wo im vereinigten Bilde doch der eigenthümliche Zwang zur Tiefenanschauung liegt, kann eine solche Erklärung nicht ausreichen, sondern da müssen beide Bilder in die Wahrnehmung aufgenommen sein.

Die bisher gewonnenen Ansichten über den Grund der Congruenz der Netzhäute wie über die Einwirkung des Muskelsinnes auf den Sehact setzen uns ohne Zweifel in Stand, alle bisher beobachteten durch von Gräfe und Alfred Gräfe zur Sprache gebrachten Fälle von Netzhautinkongruenz oder vollständig unerklärlicher Projection der Doppelbilder zu begreifen. Freilich ist es erforderlich, um die Resultate vollständig zu sichern, Sectionen und genaue Messungen derartiger Augen anzustellen, doch scheint es mir schon einen gewissen Grad von Sicherheit zu geben, dass man bisher in keinem

Falle ausser einem (Arch. I. pag. 435) einen anomalen Eintritt des nervus opticus oder eine anomale Lage der macula lutea mit dem Ophthalmoscop gefunden hat. Wir haben zwei Wege, welche eine Discordanz zwischen der Projection der Doppelbilder und der Sehachsenstellung erklären können. Einmal kann die Unmöglichkeit beim gemeinschaftlichen Sehact die macula lutea einzustellen, auf einem Auge die Gewohnheit erzeugen, den Punkt der retina zum Ausgangspunkte der räumlichen Orientirung zu machen, welcher während der Fixation des andern Auges das Bild des fixirten Objectes erhielt; dabei kann die vorwiegende Sehschärfe der macula lutea auf demselben Auge erhalten oder geschwächt sein, ohne dass dadurch die Verhältnisse sich ändern. Zweitens kann der Muskelsinn in solchen Augen, welche überhaupt ihre Eindrücke nicht mit denen des andern vereinigen, die Bilder jedes Auges unabhängig von den Congruenzverhältnissen verschieben. Beide Ursachen können sich kombiniren, zumal in der Zeit nach einer Operation. Denn ein zurückgelagerter Muskel muss sich vor der festen Verheilung, was seinen Muskelsinn betrifft, wie ein gelähmter oder ungewöhnlich schwach innervirter verhalten, und zwar um so mehr, je mehr er vor der Operation eine Tendenz zu spastischen Contractionen zeigte. Die auf einem pervertirten Muskelsinn beruhenden Doppelbilderscheinungen werden sich gewiss, wie das auch der Beobachtung entspricht, mit der Zeit verlieren, wenn nicht Anomalien der Centralorgane den Schwindel unterhalten. Weniger schnell und vielleicht gar nicht wird sich die Gewohnheit verlieren, einen excentrischen Netzhautpunkt zum Ausgangspunkt des Orientirens zu benutzen. Hier wird die individuelle Begabung solche Verschiedenheiten bedingen, dass man wenig mit Sicherheit voraussagen kann. Im Allgemeinen verliert sich eine Gewohnheit gewiss um so schwerer, je länger sie bestand, und je früher in der Kindheit sie erworben wurde.

Der erste Weg scheint hauptsächlich die Erklärung zu liefern für die Fälle 2 (Arch. I. 1 p. 97), 3 (p. 105) von v. Gräfe und den 1 Fall von Alfred Gräfe (Motilitätsstörungen etc. p. 228); der letzte ist besonders eklatant, weil er lange Zeit nach einer voraufgeschickten Operation untersucht wurde und die vor dieser bestandene Incongruenz noch zeigte. Der zweite Weg führt zur Erklärung der v. Gräfe'schen Fälle

1 (Arch. I. 1 p. 95), der Fälle im Arch I. 2 p. 294, und II. 1. p. 284, sowie des zweiten Falles von Alfred Gräfe (l. c. p. 236).

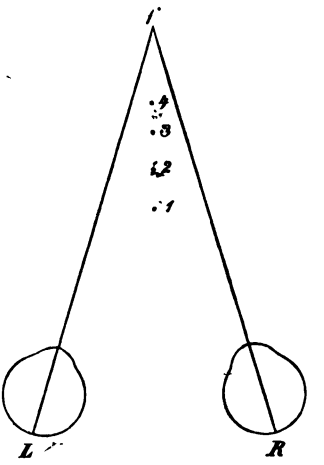
Vom Ort der Doppelbilder,

Die idealistische Philosophie hat es bisher keiner Theorie des Sehens erlaubt, das Wesen der Doppelbilder richtig zu deuten. Die Projectionstheorie, welche das Sehen dadurch erklärt, dass sie die Netzhautbilder aus dem Auge heraus in den Raum versetzen lässt, behauptet von den Doppelbildern, dass sie in eine falsche Entfernung hinausgetragene Netzhauteindrücke seien. Das hat Hering mit sehr einfachen Beispielen, wie ich oben schon erwähnte, widerlegt. Doch halte ich es nicht für überflüssig, einen recht schlagenden Beweis, dass keine Täuschung in der Entfernung Grund für die Doppelbilder ist, hierherzusetzen. Man setze ein geeignetes Object z. B. eine brennende Kerze in der Gesichtsmittelebene gerade vor sich in 8″ distance und halte dahinter 16″ entfernt einen graduirten Maassstab horizontal, so dass man mit jedem Auge über die Flammen nach dem Stabe visiren kann. Fixirt man nun den Stab, so erscheint die Flamme in Doppelbildern, deren Distance man auf etwa 1″ schätzt. Visirt man nun über die Flammen weg nach dem Stab erst mit einem, dann mit dem andern Auge, so liest man die Theilstriche des Stabes ab, welche von der Flamme gedeckt werden, und findet, dass diese zwei Zoll auseinander stehen. Dabei macht man freilich kleine Augenbewegungen, aber das Hintereinanderliegen der Objecte auf den Visirlinien wird dadurch so ausserordentlich wenig geändert, dass es hier, wo es sich um Zolldistancen handelt, gar nicht ins Gewicht fällt. Also die Flammenbilder, die uns 1 Zoll auseinander zu stehen scheinen, decken auf dem Stabe Theilstriche von 2 Zoll Entfernung, was nur den Grund haben kann, dass wir die Entfernung des Stabes ganz so wie sie es ist, als die doppelte von der der Flamme schätzen.

Aber Hering lässt in Folge seiner strengen Identitätsthoerie alle Dinge und so auch die Doppelbilder auf Sehrichtungen liegen, die von der Richtung, in welcher ihre Hauptstrahlen ins Auge gelangen, vollständig verschieden sind. Alles Sehen ist bei ihm eigentlich eine grosse und consequente Täuschung über die Richtung, in welcher gesehen wird. Be-

kanntlich kann man aus falschen Vordersätzen eine Menge folgerichtige falsche Schlüsse ziehen, die nicht anders zu widerlegen sind, als indem man die Vordersätze angreift. Dies glaube ich in genügendem Maasse gegen die Identitätstheorie geleistet zu haben und halte mich daher nur für verpflichtet, aus meiner Auffassung der Netzhautfunctionen den Ort der Doppelbilder nachzuweisen,

Fig. 13.



F sei ein fixirter Punkt, L das linke und R das rechte Auge, 1 2 3 4 sei eine Reihe von Objecten zwischen den Schenkeln des sogenannten parallaktischen Winkels gelegen. Dann müssen diese dem Auge R in der Folge von 1 2 3 4 F, dem Auge L aber in der Folge F 4 3 2 1 erscheinen. Zwei ihrem Inhalte nach so entgegengesetzte Bilder passen offenbar nicht zusammen. Beide Augen befinden sich diesen Objecten gegenüber in der Lage zweier Beobachter, die z. B. eine Anzahl von Bergen oder Dörfern von zwei verschiedenen Standpunkten betrachten. Befindet sich derselbe Beobachter erst auf dem einen und dann auf dem andern Standpunkt, so wird er dieselben Objecte beide Mal in ganz verschiedener Reihenfolge angeordnet finden. Trotzdem ist es nicht nöthig, dass irgend eine Täuschung in der richtigen Erkenntniss des Orts der Objecte in seinem Sehact vorhanden ist. Ist er sich des verschiedenen Standpunktes bewusst, so kann er auch sehr wohl den Schluss machen, dass in beiden verschieden geord-

neten Gesammtbildern doch dieselben einzelnen Objecte sich zeigen. Die beiden Augen sind für die Doppelbilder in derselben Lage, nur dass ihre Eindrücke gleichzeitig zu einem Centralorgan gelangen. Der tiefere Grund für die Erscheinung von Doppelbildern ist die eigenthümliche Befähigung der retina, räumlich gesonderte nebeneinander geordnete Eindrücke gleichzeitig zu empfinden. In der Organisation und Stellung beider Augen ist es begründet, dass die Seele nicht immer zu demselben Schluss über die räumliche Anordnung der Dinge gelangen kann, und dann sehen wir doppelt, so lange wir auf die Erregung beider Augen Rücksicht nehmen. Die Doppelbilder sind aber keine Scheinbilder, sondern die wirklichen Dinge am völlig richtigen Orte, soweit wir überhaupt den Ort eines gesehenen Dinges richtig schätzen können. Sie sind nur von zwei Standpunkten aus gleichzeitig gesehen. Bewirkt freilich eine Anomalie im Muskelsinn eine Urtheilstörung, da könnte man eher den Namen Trugbilder rechtfertigen.

Fassen wir die Resultate unserer Arbeit noch einmal übersichtlich zusammen, so lassen sie sich in folgenden Sätzen kurz vereinigen:

Eine anatomische Verbindung identischer Netzhautstellen existirt nicht und damit fällt die Identitätstheorie.

Die sinnlichen Empfindungselemente, welche das Schlussverfahren des Sehactes bestimmen, sind:

1. Die Netzhautempfindung, insofern sie gleichzeitig eine Menge räumlich nebeneinander geordneter Bilder enthält;

2. Die durch die Netzhautempfindung geleitete Bewegung des Auges;

3. Der Muskelsinn der Augenmuskeln;

4. Der gemeinsame Gebrauch beider Augen.

Die aus diesem zunächst sich entwickelnden Erfahrungen, welche gleichsam als Elemente zweiter Ordnung, denen schon eine complicirtere geistige Thätigkeit zu Grunde liegt, auf den Sehact einwirken, sind:

1. Bildgrösse und Entfernung der Objecte stehen in einem festen Verhältniss zu einander; erstere nimmt ab in dem Maass, wie die letztere zunimmt.

2. Die Entfernung wird um so sicherer geschätzt, je mehr diskrete Bilder zwischen den zwei zu messenden Punkten vor-

kommen. Das Grössenurtheil ist abhängig von dem über die Entfernung, nicht umgekehrt.

3. Die Entfernung wird im normalen Zustand mit Hülfe des centralen Netzhauteindruckes geschätzt.

4. Die Richtung, in der die fixirten Objecte erscheinen, wird durch die Bewegung der Augen bestimmt.

5. Die Richtung, in der die andern Objecte erscheinen, wird durch die Anordnung ihrer Bilder auf der Netzhaut (durch den Ortssinn der Netzhaut) bestimmt.

6. Aus diesem Ortssinn und der Orientirung nach dem centralen Netzhauteindruck ergiebt sich die Congruenz der Netzhäute, welche durch die Gewöhnung eines Auges zum Sehen in einer abnormen Stellung pervertirt werden kann.

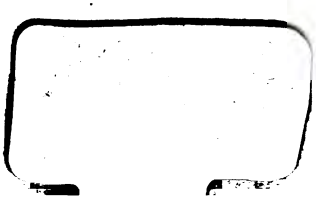
7. Doppelbilder werden ganz am richtigen Ort aber zweimal in verschiedener Richtung von beiden Augen gesehen, wenn ihre Lage nicht auch durch den alterirten Muskelsinn geändert wird.

8. Letzterer macht sich nur da störend geltend, wo auf beiden Augen associirte Muskeln gleichmässig zu stark oder zu schwach innervirt sind, oder wenn der gemeinschaftliche Sehact aufgehoben ist. Einseitige Störungen durch den Muskelsinn werden durch die Congruenz der Netzhäute ausgeglichen. In normalen Verhältnissen begleitet der Muskelsinn die Netzhautempfindung nur in untergeordneter Weise.

Druck von Bär & Hermann in Leipzig.

THE BORROWER WILL BE CHARGED AN OVERDUE FEE IF THIS BOOK IS NOT RETURNED TO THE LIBRARY ON OR BEFORE THE LAST DATE STAMPED BELOW. NON-RECEIPT OF OVERDUE NOTICES DOES NOT EXEMPT THE BORROWER FROM OVERDUE FEES.

CANCELLED
OCT 27 1988 TLL
NOV 02 1988



Phil 5643.4
Ueber das Schlussverfahren des Seha
Widener Library 004424233
3 2044 084 640 143